www.radio.ru

6•2025

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

РЕМОНТ МУЛЬТИТЕСТЕРА

СЧЁТЧИК МОТОЧАСОВ

МОДЕРНИЗАЦИЯ "ДОМАШНЕГО ДОКТОРА"

- *Измеряем магнитную индукцию*
- *Управляем "неоновой нитью"*
- *Сигнализатор обратной тяги*
- *Сирена — имитатор звуков*

...и ещё 5 конструкций

ISSN-0033-765X
25006
9 770033 765009

6 2025

СВЯЗЬ

22—25 апреля 2025

37-я международная выставка "Информационные и коммуникационные технологии"

Экспозиция "Навитех" — "Навигационные системы, технологии и услуги"

Россия, Москва, ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР"

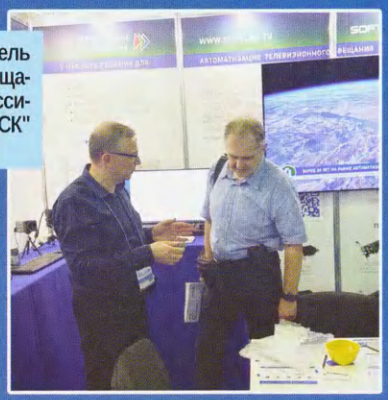
"ВинтерБалт" — первый в России поставщик инновационных натриевых батарей, адаптированных для транспортной, телекоммуникационной и других отраслей промышленности.

ООО "НЕОКОМ" — ведущий интегратор систем профессиональной радиосвязи в Северо-Западном регионе с огромным опытом реализации проектов различного масштаба и уровня сложности.

Компания ООО "РДП Инновации" (бренд EcoRouter) — ведущий российский производитель универсального телекоммуникационного оборудования операторского класса.

Бессменный представитель научно-технического издательства "Горячая линия – Телеком" Пескин Александр Ефимович на стенде издательства.

"СофтЛаб-НСК" — российский производитель систем для автоматизации телевизионного вещания и телевизионного производства. В профессиональном сообществе продукты "СофтЛаб-НСК" известны как системы "Форвард".



КБ Аякс Технологии — частная российская компания, занимающаяся разработкой и локализацией беспилотных авиационных систем (БАС), компонентов БРЭО и программного обеспечения.

ПАО "Пермская научно-производственная приборостроительная компания" (ПНППК) занимается разработкой и производством датчиков и систем для навигации, стабилизации и ориентации подвижных объектов.

Компания АйПиМатика — VAD-дистрибьютор телекоммуникационных, IT- и AV-решений.

rus-elektronika.ru

ЭЛЕКТРОНИКА РОССИИ

Международная ВЫСТАВКА-ФОРУМ

Организатор:

Международная Выставочная Компания

Официальная поддержка:

Минпромторг России

Партнеры:

БАЗИС

АКРП
Консорциум дизайн-центров

ЗАБРОНИРУЙТЕ СТЕНД

+7 (812) 401 69 55,
electron@mvk.ru

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. На "птичьем" рынке 4

РАДИОПРИЁМ 8

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания 8

Х. ЛОХНИ. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 6 (окончание). Микросхема К174ХА2 10

ИЗМЕРЕНИЯ 25

А. ГАВРИЛОВ. Приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции 25

Ю. БУЛЫЧЕВ. Ремонт мультитестера ТС1 27

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 32

А. ДЫМОВ. Модернизация "домашнего доктора" 32

В. РУБАШКА. Простой счётчик моточасов для бензогенератора 38

М. КОЖАНОВ. Сигнализатор обратной тяги для проточного газового водонагревателя 40

"РАДИО" — О СВЯЗИ 45

А. БЕЗМЕНОВ. Радиоэкспедиция в Бенин 45

Л. КЛЭРИ. Похоронное бюро, в котором производились микрофоны: компания Turner. Невероятная история Дэвида Тернера 48

М. КАВЕРИН. Памяти UA3AR 50

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 51

И. НЕЧАЕВ. "Неоновая нить" в праздничных и новогодних украшениях 51

А. ШУМИЛОВ. Вариант низковольтной сирены — имитатора звуков 56

Д. МАМИЧЕВ. Аналоговые часы-ночник на светодиодных модулях WS2812B 60

Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Платы расширения Adafruit" 62

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 7, 25).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 32, 3-я и 4-я с. обложки).

На нашей обложке.

- Ремонт мультитестера ТС1 (см. статью на с. 27).
- Простой счётчик моточасов для бензогенератора (см. статью на с. 38).
- Модернизация "домашнего доктора" (см. статью на с. 32).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

САМОДЕЛЬНЫЙ RGB-ИНДИКАТОР
АКУСТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ
АЧХ НА VGA-МОНИТОРЕ
СУТОЧНЫЙ ТАЙМЕР

Тираж журнала «Радио» № 5 сдан для рассылки подписчикам 06.05.2025 г.

В ЭЛЕКТРОННОМ ВИДЕ

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также на 2012—2024 годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 900 рублей!

На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год.

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

6•2025

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ,
И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ,
С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 23.05.2025 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2025. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 01771-25 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

На "птичьем" рынке

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Первый шаг — установить, что нечто возможно, затем появится вероятность".

Илон Маск

Все говорят о том, что беспилотные летательные аппараты (БПЛА) — это наше будущее. И вот уже нет ни одной отрасли, где БПЛА не могли бы приносить пользу. Однако для того, чтобы БПЛА могли эффективно функционировать в сложных и динамичных условиях, им необходимо не только получать данные, но и обрабатывать их, принимать решения в реальном времени и адаптироваться к изменениям окружающей среды. Разумеется, человек может быть оператором БПЛА, но любое усложнение окружающей обстановки уже требует поддержки со стороны искусственного интеллекта (ИИ), позволяя БПЛА стать более автономными, безопасными и эффективными. БПЛА с технологией ИИ применяются для геодезических изысканий, в сельском хозяйстве, в строительной и нефтегазовой отраслях. И, разумеется, в военной области.

ИИ помогает беспилотникам быстро адаптироваться к изменениям, которые могут возникнуть в ходе работы. Например, если БПЛА сталкивается с непредсказуемыми погодными условиями, ИИ может скорректировать его маршрут и полётные параметры для обеспечения безопасности и эффективности выполнения задачи.

Системы ИИ могут использовать информацию о предыдущих полётах, чтобы оптимизировать действия БПЛА. К примеру, БПЛА может учитывать данные о сложных маршрутах, погодных условиях или изменениях в окружающей среде и использовать их для улучшения своей навигации в будущем.

ИИ может анализировать видео- и фотоизображения в реальном времени, распознавая объекты, например, препятствия на пути, другие воздушные суда или даже изменения в погодных условиях. Это позволяет БПЛА реагировать с высокой скоростью на возможные угрозы, такие как столкновения.

ИИ помогает беспилотникам создавать 3D-карты окружающего мира, комбинируя данные с различных датчиков. Это даёт возможность оценивать маршруты, избегать препятствий и адаптировать движение аппарата в зависимости от изменений в реальной среде.

ИИ может рассчитывать оптимальные маршруты для БПЛА, используя данные о местности, погодных условиях и других факторов. Например, при доставке товаров ИИ поможет выбрать путь, который минимизирует время полёта, учитывая

все возможные препятствия и даже изменения в погоде. Немаловажными будут и прагматичный подбор маршрута для экономии заряда батареи, и автоматическое обучение на основе полученных данных, и своевременное распознавание возможных угроз.

Существенной частью автономного управления является способность БПЛА избегать столкновений с препятствиями на своём пути. ИИ анализирует данные с датчиков и вычисляет необходимые корректировки траектории в реальном времени, обеспечивая безопасность полёта. Дальнейшее развитие ИИ приведёт к полной автономности роя беспилотников, оптимизирует энергопотребление для увеличения времени полёта, ускорит обмен данными и сделает БПЛА более интеллектуальными.

Во времена СССР авиамоделирование, в рамках которого могли коваться кадры для будущих систем БПЛА, имело массу поклонников, которые к концу прошлого века потеряли и поддержку от государства, и самих себя, вынужденных больше заниматься банальным выживанием. Настоящий прорыв в развитии БПЛА произошёл не у нас. Создание современных систем связи и навигации, прежде всего GPS, подготовило переход "птичек" в новое качество и обеспечило им много новых возможностей. И особенно в военной области, хотя в мирной жизни БПЛА также имеет немало применений. В целом соединение естественного интеллекта учёных и инженеров с ИИ существенно поменяло ситуацию в воздушном пространстве, наполнив его БПЛА самолётного и вертолётного типов. Самый массовый вид последних — квадрокоптеры.

Первый современный квадрокоптер разработала в 2006 г. немецкая компания MikroKopter. Он был рассчитан на профессионалов и стоил довольно дорого. Со временем себестоимость производства квадрокоптеров снизилась. Цена самого простого сегодня составляет всего несколько десятков долларов. Дальность полёта таких "птичек" достигает нескольких десятков километров, высота — до 5 км, они могут находиться в воздухе 1 ч. Оснащаются фото-, тепловизионной или телевизионной камерами и лазерным дальномером-целеуказателем.

Начиная с Ирака, где проходила операция "Буря в пустыне" (1990—1991 гг.), США широко применяют разведывательные и ударные БПЛА, которые участвовали в боевых действиях против Югославии, в Афганистане и Сирии, наносили точечные удары по целям в Йемене, Пакистане и Сомали. А во время войны в Ираке люди впервые сдавались в плен летающим роботам. Официально подтверждено не менее 40 случаев, когда иракские солдаты, завидев в небе БПЛА и опасаясь попасть под огонь артиллерии, начинали размахивать белыми полотнищами.

Интенсивность применения БПЛА американцами неуклонно возрастала. При президенте Бараке Обаме по территории Йемена, Пакистана и Сомали американские БПЛА нанесли 563 авиаудара, а в 2016 г. — 1071 удар по территории Афганистана. И часто это были неизбирательные атаки, когда жертвами становились мирные жители.

Согласно статистике, в израильских ВВС БПЛА совершают большее число боевых вылетов, чем пилотируемые самолеты. БПЛА находятся на боевом дежурстве 24 ч в сутки. Закономерно, что Израиль стал монополистом на мировом рынке беспилотников, продавая свою продукцию более чем в пятьдесят стран (41 % мировых продаж).

В последние годы на арену вышли БПЛА турецкого производства. Bayraktar TB2 и БПЛА других типов применяются в Ливии, Сирии и на Украине. Они сыграли едва ли не ключевую роль в победе азербайджанских вооружённых сил в Нагорном Карабахе. Преуспел в разработке, производстве собственных беспилотников Иран, у которого есть разведывательно-ударный Shahed-149 со взлётной массой 3100 кг. БПЛА может находиться в воздухе до 35 ч, дальность действия достигает 2000 км. Полезная нагрузка — 500 кг, включая разведывательное оборудование и 13 управляемых бомб.

Шагом вперёд стало создание для ВМС США палубного беспилотного самолёта-заправщика Boeing MQ-25 Stingray (первый полёт совершил 19 сентября 2019 г., первая дозаправка в воздухе — июль 2021 г.). БПЛА может доставить 6800 литров топлива на расстояние до 930 км и обеспечить до шести дозаправок в воздухе, что позволило увеличить радиус боевого применения самолётов палубной авиации с 830 до 1300 км.

Современная война раскрывает всё новые и новые возможности БПЛА. Беспилотники становятся более совершенным оружием, от которого может зависеть победа в локальном бою и даже успех стратегической операции. Они специализируются на решении разных задач, учатся летать и нападать роем, быстро совершенствуются в идентификации и выборе целей. Практически во всём этом им помогает ИИ. А чтобы лучше понять, куда всё это движется, можно прочитать написанный 72 года назад рассказ Роберта Шекли "Страж-птица".

Недавно СМИ сообщили, что в Китае в очередной раз были раздвинуты границы технологических инноваций, когда были созданы разведывательные БПЛА в форме птиц — так называемые орнитоптеры, которые уже используются одним из подразделений морской пехоты Народно-освободительной армии Китая. Возможно, китайские учёные придумали это сами, но не исключено, что посмотрели отечественный фильм "Холоп", где именно такой БПЛА демонстрирует неплохую актёрскую работу. Впрочем, Китай давно занимается созданием орнитоптеров. Ещё в 2018 г. была запущена правительственная программа под названием "Голубь", направленная на разработку не отличимых от птиц БПЛА, которые использовались бы в городских условиях.

В 2022 г. китайские инженеры создали прототип механической летающей птицы массой 1600 г с размахом крыльев в 2 м. Этот беспилотник, работающий от литиевой батареи, может оставаться в воздухе в течение полутора часов, демонстрируя достижения Китая в области биомиметических БПЛА. Биомиметика — это наука, которая изучает биологические процессы, формы и функции, которые могут помочь в решении проблем человечества. В октябре 2023 г. Китай представил Xinge (в переводе с китайского — "Почтовый голубь"), который сразу же стал международным рекордсменом по длительности времени полёта. Как пишет издание CGTN, "Почтовый голубь" может летать до 3,5 ч.

На расстоянии орнитоптеры не отличимы от живых птиц, они машут крыльями или парят на ветру. Технические детали и специфические характеристики этих БПЛА остаются глубоко засекреченными. Китайские государственные издания (Global Times и телеканал CCTV) и независимые военные эксперты назвали ещё один китайский БПЛА "Маленький сокол" самым похожим на птицу беспилотником в мире. У него исключительная маневренность благодаря новому коническому кривошипно-шатунному механизму, имитирующему вытягивание и складывание крыльев. Всё, как у живой птицы. Над его созданием работали не только военные инженеры, но и биологи, которые консультировали, как выглядит естественное движение птиц. Сначала "Маленький сокол" моделировали на ком-

пьютере, а затем испытывали в аэродинамической трубе.

Хотя многие страны также работают над БПЛА, похожими на птиц, большинство из них ограничены моделями с неподвижным крылом, приводимыми в движение пропеллерами. В частности, голландский разведывательный беспилотник Evolution Eagle, замаскированный под большого орла, может обмануть человеческий глаз только с большого расстояния. Напротив, китайские беспилотники с машущими крыльями обеспечивают гораздо более эффективный и реалистичный камуфляж. Отличить их от птицы невозможно даже с расстояния в несколько метров. Подобные БПЛА органично вписываются в дикую природу, их можно применять для экологического мониторинга.

В целом орнитоптеры нужны, чтобы обеспечить тактическое преимущество в современной войне — такие БПЛА могут незаметно подлетать даже в самый центр вражеского лагеря, не вызывая подозрений. Ведь даже если их заметят, наблюдатели, скорее всего, сочтут их безобидными птицами. Кому нужно стрелять по голубям?

Что касается российского арсенала БПЛА, то многие компетенции по производству боевых беспилотников после развала СССР отечественными предприятиями ВПК были утрачены. Поэтому неизбежно, что на каком-то этапе пришлось прибегнуть к импорту. Однако сегодня РФ имеет свою развитую навигационную систему ГЛОНАСС и широкий спектр БПЛА различного назначения от разведывательных до ударных. В 2009 г. с израильской компанией Israel Aerospace Industries (IAI) был заключён контракт на поставку разведывательных БПЛА. В 2010 г. "Оборонпром" создал совместное предприятие с IAI для локализации производства. Так был налажен выпуск БПЛА "Форпост" (израильский IAI Searcher) и "Застава" (IAI Bird Eye 400). В середине 2021 г. появился "Форпост-Р", обладающий ударными функциями. При максимальной взлётной массе 500 кг беспилотник может нести авиационные средства поражения весом массой до 100 кг — управляемые ракеты и корректируемые бомбы. Крейсерская скорость — до 180 км в час, максимальная продолжительность полёта — 10 ч, практическая высота — до 6000 м.

Самый массовый БПЛА, которым располагают Вооружённые силы РФ, — многофункциональный "Орлан-10". Это машина уже чисто отечественной разработки, поступившая на вооружение в 2011 г. В 2020 г. начато серийное производство усовершенствованного варианта "Орлан-30", который входит в состав единой системы управления тактическим звеном (ЕСУ ТЗ), благодаря чему может транслировать цели для поражения всеми боевыми машинами, подключёнными к этой системе. Продолжительность полёта — до 16 ч, дальность — до 600 км. Так как полезная нагрузка БПЛА составляет 5 кг, то комплектация аппаратуры меняется в зависимости от поставленной задачи. Разные варианты позволяют вести наблюдение в оптическом и инфракрасном диапазоне, автоматически определять положение включённых GSM-телефонов, станций УКВ-связи, работающих РЛС. Средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ) "Орлана-10" могут глушить GSM-связь, а также простые GPS-приёмники.

Серийное производство БПЛА "Иноходец" компания "Кронштадт" развернула зимой 2022 г. Для поражения наземных целей используют противотанковый ракетный комплекс (ПТРК) "Корнет-Д", адаптированный для подвески на БПЛА. Система управления и наведения ракеты — автоматическая, защищённая от помех, с телеориентированием в луче лазера.

В 2011 г. компания "Сухой" начала разработку тяжёлого ударного беспилотника С-70 "Охотник". Осенью 2012 г. к проекту подключилась корпорация "МиГ". Первый полёт БПЛА состоялся 7 августа 2019 г. Машина изготовлена по технологии стелс. При массе аппарата 20 т полезная нагрузка БПЛА достигает 2,8 т, скорость — около 1000 км/ч, высота полёта — до 10500 м, дальность — до 6000 км. Предусмотрена возможность работы одного или нескольких "Охотников" совместно с истребителем Су-57.

В последние годы в боевых действиях широко применяются беспилотники-камикадзе. Российская армия располагает беспилотниками "КУБ-БЛА" и "Ланцет" производства ижевской компании Zala Aero (входит в концерн "Калашников"). С сентября 2022 г. в ходе СВО начали применяться БПЛА-камикадзе "Герань-2". Они показали себя эффективным боевым средством. Разумеется, отечественный арсенал БПЛА не ограничивается упомянутым выше.

БПЛА с ИИ с глубоким обучением на базе использования нейросети становятся эффективным инструментом, способным выполнять сложные задачи с минимальными затратами. Развитие технологий автономной мобильности и ИИ увеличивает с каждым годом технологический потенциал БПЛА. Технологии ИИ позволяют осмысливать получаемые с помощью БПЛА визуальные данные и решать следующие задачи: идентификация и нахождение интересующих объектов на изображении, подсчёт объектов, сегментация изображения, обнаружение изменений между двумя изображениями, разнесёнными во времени, классификация изображений.

Нейронная сеть в БПЛА помогает обнаруживать различные типы объектов, таких как транспортные средства, предгорья, здания, деревья, объекты на поверхности воды или вблизи неё, а также разнообразный ландшафт. Машинное зрение также помогает идентифицировать людей и животных с высоким уровнем точности.

Компьютерное зрение, подкреплённое алгоритмами машинного обучения, радикально изменило производство БПЛА. С помощью компьютерного зрения БПЛА может обнаруживать и определять своё направление, чтобы безопасно летать, избегая препятствий на пути.

В то время как БПЛА собирает данные в режиме реального времени, интеллектуальная система принимает независимое от человека решение на основе обработанных данных. При этом благодаря достижениям технологии компьютерного зрения с поддержкой ИИ БПЛА получают заранее определённые координаты точек отправления и назначения с функцией поиска оптимального пути до нужной точки без вмешательства со стороны человека.

Чтобы БПЛА научился обнаруживать сам интересующий тип объектов (как статичных, так и находящихся в движении), его нужно обучать на большом объёме данных. Это реализовывается с помощью специализированных программ хранения и анализа данных для обучения технологии ИИ. Технология ИИ подобного ПО обучается на основе действий пользователей и автоматизирует регулярные задачи анализа данных. Может выполнять подсчёт объектов, измерять объём, создавать цифровую модель рельефа и пр.

Одна из самых горячих тем, которая усиленно развивается в ИИ, — это роевой интеллект, когда БПЛА вылетают и работают стаей, общаются друг с другом, обходят препятствия (включая системы РЭБ) во время выполнения задачи. Не обходится и без проблем, которые вынуждены решать инженеры-разработчики таких систем.

Во-первых, время полёта БПЛА и его дальность ограничены. Для максимальной (оптимальной) эффективности работы должна наращиваться вычисли-

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.
Июнь 2025 год

тельная мощность микропроцессоров и ёмкость аккумуляторов на борту.

Во-вторых, затруднены действия во время плохой видимости (дым, туман, ночь). Здесь необходимо использование различных систем местоопределения и навигации, включая работу в автономном режиме (самостоятельное принятие решений) без использования канала связи с оператором.

Подчас БПЛА испытывают недостаток данных для обучения ИИ, поскольку часто работают в условиях, где доступ к данным ограничен или невозможен, что может привести к тому, что ИИ будет недостаточно обучен для решения сложных задач, таких как обнаружение препятствий или определение оптимального маршрута. Поэтому бывает полезно использование нескольких ИИ-моделей, каждая из которых специализируется на определённой задаче, что позволяет улучшить точность и повысить скорость принятия решений.

Всегда важна безопасность полёта, однако ИИ может не всегда правильно оценивать риски и принимать правильные решения в критических ситуациях, к примеру, может не распознать опасность столкновения с другими летательными аппаратами или препятствиями на земле. Необходимо использование специальных алгоритмов, которые учитывают существующие риски и ограничения.

Использование ИИ в БПЛА (в том числе в виде роя) может потребовать значительных вычислительных ресурсов и времени для обработки данных, что может затруднить работу в режиме реального времени и увеличить время отклика на команды пилота. Поэтому нужен рост вычислительных ресурсов, использование более скоростных транспортных протоколов, чем TCP/IP, которые увеличивают задержку при некачественных каналах связи.

Следует иметь в виду, что ИИ+БПЛА, использующие машинное обучение, могут самостоятельно совершать действия, которые невозможно отследить. Таким образом получается своеобразный чёрный ящик, использование которого может привести к непредсказуемым результатам (в июне 2023 г. в США БПЛА на основе ИИ условно атаковал своего же оператора, приняв его силуэт за вражескую цель). Необходимо предвидеть подобные ситуации на этапе разработки и производить дополнительное обучение ИИ.

Использование импортных моделей ИИ также несёт риски перехвата управления БПЛА. Поэтому крайне необходима разработка и совершенствование отечественных моделей ИИ.

Существует возможность внедрения вредоносных закладок в управляющую информационную систему на базе технологий ИИ со стороны разработчика, причём подобные угрозы нельзя определить до тех пор, пока не произойдет первый инцидент. Таким образом, ИИ нельзя полностью передавать ответственность за чувствительные решения, а риски от его использования должны быть снижены. Сложность проверки ИИ (его ПО) на безопасность существует, но её необходимо решать. Следует использовать ИИ в связке с другим ПО, которое уже было верифицировано и будет предохранять ИИ-системы от принятия ошибочных решений.

Также существует значительная опасность утечек конфиденциальных данных, которые могут быть скомпрометированы в результате работы ИИ. Здесь необходима проверка ИИ на безопасность, нормативное регулирование: разработка требований по безопасности ИИ.

Итак, из приведённого выше можно сделать следующие выводы:

— учитывая быстрое и всестороннее развитие и использование ИИ БПЛА, необходимо уделить особое внимание разработке отечественных моделей ИИ и совершенствованию эргономики БПЛА;

— можно значительно обезопасить пользователей, однако полностью свести риски к нулю не получится. Поэтому всегда должен присутствовать человек, который проверяет работу системы и принимает ответственность за окончательные решения на себя;

— необходимо учитывать, что утечки и атаки возможны на всех этапах жизненного цикла ИИ, начиная с его разработки и заканчивая внедрением и использованием.

И напоследок о том, что бывает, когда что-нибудь из указанного выше таки произошло. В апреле 2025 г. в Лос-Анджелесе (штат Калифорния) произошло настоящее восстание роботов. Из-за сбоя то ли GPS, то ли управляющего автономным движением ПО в городе стали чудить беспилотные такси Waymo и роботы доставки. В результате улицы были перекрыты омертвевшим "железом" (хорошо, что нелетающим). Прохожие, говорят, смеялись. Пока...

Кстати, а как будут использоваться БПЛА в будущих войнах в качестве супероружия? Скорее всего — никак. Об этом как-нибудь в следующий раз.

По материалам

**https://clck.ru/3LaNeJ,
https://clck.ru/3LaNjg,
https://clck.ru/3LaNmg,
https://clck.ru/3LaNvn,
https://clck.ru/3LaPBE,
https://clck.ru/3LaPEo,
https://clck.ru/3LaPHP,
https://topwar.ru/233693-pravka-iskusstvennyj-intellekt-v-bpla-kak-on-izmenil-hod-svo.html?ysclid=m9cgsdes6v337224014**

Вышла в свет новая книга

Пескин А. Е., Кожин М. А.

Цифровое телевидение в вашем доме. — М.: Горячая линия — Телеком, 2025. — 332 с.: ил.

ISBN 978-5-9912-1152-9.

Дана историческая ретроспектива возникновения и развития цифрового телевидения в мире и в России. Рассмотрены способы формирования цифровых телевизионных (ТВ) сигналов и их передачи, стандарты цифрового ТВ вещания и сжатия видео- и аудиосигналов. Описаны основополагающие цифровые технологии, используемые в телевидении, цифровые форматы и интерфейсы, принципы и тенденции ТВ вещания в сети Интернет, в том числе потокового, а также методы создания цифровой локальной домашней сети.

Рассмотрены компоненты, используемые при приёме цифрового телевидения (телевизоры, приставки-ресиверы, ТВ антенны, разъёмы, кабели и др.), и приведены данные о мультиплексах и стриминговых сервисах. Даны практические рекомендации по подключению цифровых приставок и компьютеров к телевизорам и их настройке для приёма ТВ передач и рассмотрены возникающие при этом проблемы.

Для широкого круга читателей, знакомых с основами радиоэлектроники и вычислительной техники, желающих расширить свои познания о современных ТВ технологиях и приобрести базовые практические навыки подключения ТВ компонентов. Может быть полезна учащимся профильных специальностей средних специальных учебных заведений.

**Адрес издательства в Интернет
WWW.TECHBOOK.RU**

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

БАШКОРТОСТАН. С 1 апреля 2025 г. в г. Сибай началось вещание радиостанции "Маруся ФМ", частота вещания — 97 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-229089843_34** (23.04.25)).

Также с 1 апреля 2025 г. в Мелеузе на частоте 95,4 МГц началось вещание радиостанции "Авторадио" (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/41522** (23.04.25)).

ЗАПОРОЖСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Хит FM" начала вещание в Энергодаре на частоте 90,3 МГц (источник — URL: **https://t.me/ddsradio/7955** (23.04.25)).

ИНГУШЕТИЯ. С 9 апреля 2025 г. в Малгобеке на частотах 90,5 МГц и 92,5 МГц начали трансляцию радиостанции "Радио Шансон" и "Радио Дача" соответственно (источник — URL: **https://t.me/radiogovor/2686** (23.04.25)).

КАЛИНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. В г. Черняховске на частоте 101,7 МГц началось вещание радиостанции "Европа Плюс" (источник — URL: **https://vk.com/wall-212945731_827?w=wall-212945731_827** (23.04.25)).

КОСТРОМСКАЯ ОБЛ. С 1 апреля в Шарье на частоте 104,7 МГц началось вещание радиостанции "Авторадио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-174509143_38784** (23.04.25)).

Также в Шарье на частоте 102,2 МГц началось вещание радиостанции "Новое Радио" (источник — URL: **https://t.me/radiogovor/2625** (23.04.25)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. Радиостанция "Монте-Карло" начала трансляцию в Туапсе на новой частоте 91,9 МГц. Ранее станция была представлена на другой частоте 97 МГц и большую часть времени отсутствовала в эфире (источник — URL: **https://t.me/ddsradio/7651** (23.04.25)).

С 1 апреля 2025 г. в Кропоткине произошла замена радиостанций на частоте 91,5 МГц. Вместо радиостанции "Европа Плюс" вещание начала радиостанция "Радио Спутник" (источник — URL: **https://vk.com/wall-206132844_2772** (23.04.25)).

1 апреля 2025 г. стартовало вещание радиостанции Love Radio в г. Туапсе. Частота вещания — 90,8 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/13842.htm** (23.04.25)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. Радиостанция "Радио Искатель" начала своё вещание в Канске. Частота вещания — 88,7 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__91504/** (23.04.25)).

1 апреля 2025 г. к многомиллионной аудитории радиостанции "Радио Шансон" присоединился г. Шарыпово. Частота вещания — 107,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/13828.htm** (23.04.25)).

ЛНР. На территории Старобельского муниципального округа начала свою работу новая радиостанция "Радио Жизнь". Частота вещания в Сватово — 92,2 МГц, в Старобельске — 98,7 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-134632126_55474?w=wall-134632126_55474** (23.04.25)).

В Луганске произошли смены частот некоторых радиостанций. Новая частота вещания "Нового Радио" — 91,5 МГц. Радиостанция "Авторадио" вещает на новой частоте 101,5 МГц, радиостанция "Радио Звезда" — на новой частоте 88,5 МГц (источник — URL: **https://lug-info.ru/news/minkomsvyazi-lnr-soobshilo-ob-izmenenii-setki-radioveshaniya-v-luganske/** (23.04.25)).

В столице ЛНР на частоте 97,5 МГц началось вещание радиостанции "Калина Красная" (источник — URL: **https://t.me/radiogovor/2738** (23.04.25)).

МАГАДАНСКАЯ ОБЛ. Магаданский филиал телевизионной и радиовещательной сети вошёл в состав Дальневосточного центра РТРС вместе со всей инфраструктурой. Это один из крупнейших филиалов предприятия, обеспечивающий телерадиовещанием жителей Хабаровского края и Чукотского автономного округа. История телерадиовещания на Колыме ведёт отсчёт с 17 ноября 1934 г., когда в Магадане стало доступно регулярное радиовещание. В марте 1935 г. связисты принимали участие в обслуживании радиосвязью звена Героя Советского Союза и полярного лётчика Михаила Водопьянова при перелёте Москва — Хабаровск — Нагаево — Мыс Шмидта (источник — URL: **https://www.magadanpravda.ru/lenta-novostej/svyaz/magadanskij-filial-televizionnoj-i-radioveshchatelnoj-setivoshel-v-sostav-dalnevostochnogo-tsentra-rtrs** (23.04.25)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. В Сарове на частоте 96,3 МГц с 1 апреля 2025 г. в эфире началась трансляция радиостанции "Авторадио" (источник — URL: **https://vk.com/wall-62613163_24889?w=wall-62613163_24889** (23.04.25)).

ПРИМОРСКИЙ КРАЙ. В Уссурийске на частоте 96,2 МГц началась трансляция "Радио 25 Регион" (источник — URL: **https://www.adm-ussuriisk.ru/news/infoblok/v-ussuriyske-zapustili-novuyu-radiostantsiyu-25-region-/** (23.04.25)).

17 апреля 2025 г. в Хасанском районе запущено вещание радиостанции "Владивосток FM", частота вещания — 104 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-58263431_4370** (23.04.25)).

РОСТОВСКАЯ ОБЛ. 15 марта 2025 г. в Миллерово на частоте 100,3 МГц начала вещание радиостанция "Европа Плюс" (источник — URL: **https://road-radio.ru/novosti/europaplusmillerovo.html** (23.04.25)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. 16 марта 2025 г. филиал РТРС Санкт-Петербургский РЦ останавливает трансляцию радиостанции "Радонеж" в Санкт-Петербурге на частоте 684 кГц. Решение об отключении передатчика принял вещатель (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/radonezh-ostanavlivaet-efirnuyu-translyatsiyu-v-sankt-peterburge/** (23.04.25)).

САХАЛИНСКАЯ ОБЛ. В Южно-Сахалинске на частоте 100,5 МГц началась трансляция радиостанции "Новое Радио" (источник — URL: **https://emg.fm/news/1714** (23.04.25)).

С 18 марта 2025 г. в Южно-Сахалинске зазвучала радиостанция Like FM. Частота вещания — 100,1 МГц (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/41327** (23.04.25)).

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ. В Рославле с 4 апреля 2025 г. на частоте 88,2 МГц началось вещание радиостанции "Радио Шансон" (источник — URL: **https://vk.com/wall-62613163_24923?w=wall-213136664_2278** (23.04.25)).

Радиостанция "Радио для Двоих" начала своё вещание в Вязьме на частоте 89,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-139703343_2030?w=wall-139703343_2030** (23.04.25)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. В Пятигорске на частоте 92,3 МГц началось вещание радиостанции "Радио Монте-Карло" (источник — URL: **https://vk.com/wall-204049665_1943?w=wall-204049665_1943** (23.04.25)).

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

ТЮМЕНСКАЯ ОБЛ. В Ялуторовске на частоте 93,9 МГц вместо "Радио Сити" началось вещание радиостанции "Юмор FM" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__91618/** (23.04.25)).

УДМУРТИЯ. В Ижевске на частоте 87,5 МГц началось вещание радиостанции "Искатель" (источник — URL: **https://igra.bezformata.com/listnews/rtrs-zapustil-translyatciyu-radio/125722428/** (23.04.25)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. В Ульяновске на частоте 98,1 МГц началось вещание радиостанции "Юмор FM". Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/41248** (23.04.25)).

ЧЕЛЯБИНСКАЯ ОБЛ. С 4 апреля 2025 г. в Кыштыме началось вещание радиостанции "Радио DFM". Частота вещания — 94,8 МГц. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: **https://vk.com/wall-18520524_45091?w=wall-18520524_45091** (23.04.25)).

В г. Верхний Уфалей на частоте 99 МГц началось вещание радиостанции "Пауза" (источник — URL: **https://vk.com/wall-96401986_1199?w=wall-96401986_1199** (23.04.25)).

ЧУКОТСКИЙ АО. 7 марта 2025 г. вещание радиостанции "Русское Радио" стартовало на Чукотке, а именно, в Анадыре — столице Чукотского автономного округа. Частота вещания — 103,7 МГц (источник — URL: **https://rmg.ru/news/russkoe-radio-zazvuchalo-na-chukotke** (23.04.25)).

Правительство Чукотки и специалисты Российской телевизионной и радиовещательной сети намерены воплотить масштабный проект и обеспечить эфирное вещание на всей территории округа. Для этого в Анадыре будут установлены антенна и передатчик. Планируется, что вещание начнётся в конце 2026 г. (источник — URL: **https://prochukotku.ru/news/svyaz/rtrs_obespechit_efirnoe_radioveshchanie_na_vsey_territorii_chukotki/** (23.04.25)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

АВСТРАЛИЯ. Аудитория австралийского коммерческого радио выросла до 12,5 млн человек. CRA (Commercial Radio & Audio) обратило внимание на ежегодный рост аудитории в возрастной группе от 25 до 54 лет, которую они назвали критически важной для рекламодателей. Эта группа выросла на 4,3 %, увеличившись на 258 тыс. слушателей и достигнув 6,2 млн. По данным CRA, молодёжная аудитория также расширилась: число слушателей в возрасте от 10 до 17 лет увеличилось на 5,3 % и составило 1,5 млн человек (источник — URL: **https://www.redtech.pro/commercial-radio-audience-australia-2025/** (23.04.25)).

БРАЗИЛИЯ. Radio Nacional дебютирует на международном уровне на испанском и английском языках. С 31 марта 2025 г. Radio Nacional da Amazônia представляет международный канал, ориентированный на общественность других стран, которые слушают программу на коротких волнах. Программы на испанском и английском языках продолжительностью 10 мин будут выходить в эфир ежедневно в 22:50 по местному времени. Radio Nacional da Amazônia, работающее на коротких волнах, является единственным вещателем в стране, который может иметь национальный и даже международный охват. Он достигает потенциально 60 млн жителей, с сигналом, который поступает во весь северный регион, в дополнение к Мараньяну, Пиауи, Баии, Минас-Жерай, Мату-Гросу, Гояс и другим штатам. Радио укрепляет связь между общинами в Амазонии, объединяет регион с другими штатами Бразилии и ценит культурное разнообразие (источник — URL: **https://www.ebc.com.br/imprensa/2025/radio-nacional-estreia-faixa-internacional-em-espanhol-e-ingles** (23.04.25)).

ЛИТВА. Русская служба "Радио Свобода" (признано иноагентом, а его юрлицо Radio Free Europe / Radio Liberty (RFE/RL) — нежелательной организацией в России) сообщила о приостановке вещания на частоте 1386 кГц с 15 апреля 2025 г. На какой срок приостановлено радиовещание, на сайте проекта не уточняется. Юрлицо RFE/RL финансировалось за счёт средств, выделяемых конгрессом США через грант Агентства США по глобальным медиа (USAGM). 14 марта 2025 г. президент США Дональд Трамп подписал указ о реструктуризации семи федеральных агентств, в том числе USAGM. По оценкам USA Today, решение американского президента могло затронуть около 3,5 тыс. работников СМИ по всему миру (источник — URL: **https://www.rbc.ru/politics/15/04/2025/67fe8a519a79475f5d33df2c** (23.04.25)).

Папуа-Новая Гвинея/о. Бугенвиль. По данным газеты Post-Courier, 11 марта 2025 г. Национальная вещательная корпорация (NBC) на острове Бугенвиле заказала крупную модернизацию инфраструктуры на своей местной региональной станции в Букке. NBC вводит в эксплуатацию 50-метровую передающую башню, включающую передатчик мощностью 2 кВт на УКВ. NBC стремится расширить своё покрытие во всех регионах Бугенвиля.

Согласно истории, NBC Bougainville теперь может охватить большую часть Северного Бугенвиля на восточном побережье вплоть до сухопутной границы с Центральным Бугенвилем в Тинпутце.

Планируется дальнейшее улучшение, чтобы расширить обслуживание в Южном Бугенвиле со строительством передатчика для средневолнового вещания (источник — URL: **https://mediumwave.info/2025/04/05/papua-new-guinea-bougainville/** (23.04.25)).

СЛОВАКИЯ. Благодаря новой викторине "Таинственная Словакия", проходящей на радиостанции, "Международное радио Словакии" подготовило новую серию верификационных карточек (QSL). Всего будет выпущено 10 видов, по одной на каждый тур викторины. Также планируется рассылка и электронных подтверждений (e-QSL).

США. American Forces Network сократит радиопрограммы начиная с 1 мая 2025 г. до "лучшей оптимизации операций", объявило Министерство обороны США. Удалены будут программы AFN Legacy, Freedom Rock, The Blend и Joe Radio, сообщается в пресс-релизе. Кроме того, коммерчески производимые подкасты больше не будут доступны на аудиопотоковом сервисе AFN Go. Радиослужба вооружённых сил была сформирована 26 мая 1942 г. как единый канал и стала радио- и телевизионной службой вооружённых сил с 1954 г. по 2009 г., а затем AFN (источник — URL: **https://www.upi.com/Top_News/US/2025/04/21/American-Force-Network-radio-programs-cut/6061745280716/** (23.04.25)).

ЧЕХИЯ. Чешская радиостанция Country radio отключило средневолновое вещание на частоте 639 кГц из Либлице под Чески-Бродом 31 марта 2025 г. Самое высокое сооружение в Чехии может прекратить своё существование. После двух лет работы Country radio покинет средневолновый передатчик, куда станция переехала в связи со сносом передатчика в Збраславе, где České Radiokomunikace построит крупнейший в Центральной и Восточной Европе центр обработки данных. Оператор станции Radio United уже уведомил Совет по радио- и телевещанию (RRTV) о прекращении вещания из Либлице с 31 марта 2025 г .

Как подтвердил изданию Médiář генеральный директор Radio United Мартин Хрох, Country Radio пока сохранит вещание с другого средневолнового передатчика в Ческе-Будеёвице на частоте 954 кГц (источник — URL: **https://mediumwave.info/2025/03/17/czechia-32/** (23.04.25)).

Хорошего приёма и 73!

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®
РАДИОПРИЁМ
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2025

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг.

Часть 6 (окончание)

Микросхема К174ХА2

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

5. Общие сведения о стыковке смесителя с УПЧ

К сожалению, в документации по стыковке смесителя с УПЧ без каких-либо объяснений заявлено требование, чтобы от выхода смесителя (вероятно, имеется в виду от одного из выходов) до входа УПЧ коэффициент передачи согласующего и фильтрующего узла был около –18 дБ, где-то заявлено даже о значении –26 дБ. На самом деле нужно обеспечить не затухание между узлами, а чтобы радиотракт на основе К174ХА2 не портил качество сигнала, поступающего на вход приёмника. Для проведения расчётов использована схема, показанная на **рис. 24**, где узел стыковки пока "не расшифрован".

Первое условие — нужно обеспечить, чтобы максимально допустимый размах 100 мВ полезного сигнала на входе УПЧ при полной глубине реакции АРУ образовался с выходными токами смесителя по ±100...150 мкА на выводах 15 или 16 в многосигнальном режиме (качественный радиовещательный приёмник) либо при токах по ±230 мкА в односигнальном режиме (узкополосный фильтр на входе ВЧ-узла) и с уровнем искажений надёжно ниже –40 дБ при токах покоя по 930 мкА. Эти условия обеспечивают верхний предел сигнальной динамики в соответствии с предельными возможностями ВЧ-узла, чтобы это сочеталось с предельным режимом АРУ в УПЧ. Если коэффициент передачи в узле стыковки небольшой, АРУ "отзывается" слабо, чтобы закрыть УВЧ, и выход смесителя заходит в режим насыщения с большими искажениями. Если коэффициент передачи в узле стыковки слишком большой, АРУ "старается приглушить" тракт от собственного шума без подключения антенны. То есть имеется оптимальный коэффициент передачи узла стыковки, поэтому всякие заявления о некотором необходимом затухании между смесителем и входом УПЧ не имеют смысла без привязки к конкретному схемному решению с конкретным изделием в ПЧ-фильтре. Нужно состыковать допустимый динамический диапазон на входе УПЧ с допустимым динамическим диапазоном входа УВЧ с учётом работы АРУ.

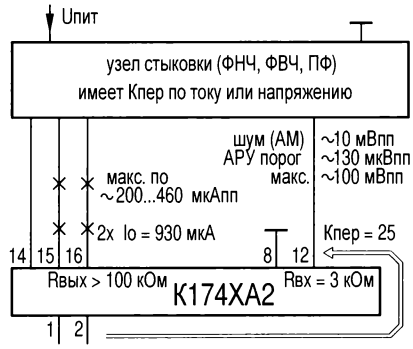


Рис. 24

При стандартной работе УПЧ и АРУ на входе УПЧ допускается сигнал размахом 100(200) мВ при уровне искажений –56(–40) дБ. Это измерено на низкоомной нагрузке на выводе 7 (без АМ-демодулятора). С этим сочетается порог срабатывании АРУ при сигнале напряжением 100...150 мкВ, если напряжение питания не менее +5,6 В и вывод 11 напрямую блокирован без ООС, тогда АРУ в УПЧ отработает на глубину 56...60 дБ.

С другой стороны, идеальный тепловой шум на входе ВЧ-узла составлял бы 0,4 мкВ (размах на нагрузке 500 Ом), а при $K_Ш$ = 8 дБ будет шум размахом 1 мкВ, и АМ-сигнал размахом 4 мкВ будет отчётливо разборчив на фоне такого шума. Если это состыковать с порогом АРУ в УПЧ, получается, что от входа ВЧ-узла к входу УПЧ требуется коэффициент передачи по напряжению для АМ-сигнала: $K_{ПЕР}$ = 25...28 дБ.

Если к этому обстоятельству добавить глубину АРУ в ВЧ-узле 26 дБ в режиме 1 и до 40 дБ в режиме 3, получим уменьшенную передачу сигнала от входа УВЧ к входу УПЧ: $K_{ПЕР}$ = +2...–12 дБ, и в этом состоянии приёмник может без заметных искажений модуляции принимать сигнал размахом 50...400 мВ на входе ВЧ-узла (между выводами 1 и 2). И эти цифры хорошо сочетаются с допустимым размахом на входе ВЧ-узла в режимах АРУ 1 и 3, который в 2,5 раза больше для допустимого уровня интермодуляции в многосигнальной ситуации. Как видим, о затухании от выхода смесителя до входа УВЧ при обсуждении не было речи.

Если принимаются CW- и SSB-сигналы, из-за более узкой полосы пропускания шумовая дорожка опускается и оптимизированному для АМ-сигналов тракту не хватает усиления, чтобы запустить АРУ при слабых сигналах. В таком случае в тракте нужно добавить 6...14 дБ усиления до детектора АРУ. Идеально бы в тракт добавить отдельный каскад УПЧ с регулируемым усилением 10 дБ. Добавить это усиление после УПЧ тоже вариант, но потребуется хотя бы двухконтурный LC-фильтр, чтобы убрать широкополосный шум от УПЧ в ИМС. При анализе схем последних десятилетий подобного решения практически не найти, и разработчики SSB-приёмников чаще всего обеспечивали такое усиление за счёт дополнительного УВЧ. Но это решит задачу по достижению предельной чувствительности в односигнальной ситуации, но не с проблемами по ДД в реальной многосигнальной ситуации.

6. Схемы узла стыковки смесителя с УПЧ

Узел стыковки "предоставляет" смесителю свой входной импеданс R, и на выводах 15 или (и) 16 за счёт крутизны ВЧ-узла S обеспечивается усиление по напряжению K = S•R. Но это пока только численное значение. Если предположить, что АРУ и антенный узел разработаны правильно, сигнальные токи смесителя должны быть не более ±300 мкА в спектре ПЧ для предотвращения существенных искажений, желательно при токах по ±100...230 мкА выводов 15 или (и) 16 обеспечить полную глубину АРУ. У других ИМС эти токи могут иметь другое значение, принцип расчёта узла тот же. То есть, зная ток и импеданс, можно вести первый предварительный расчёт по проверке годности того или иного фильтра ПЧ или узла стыковки.

Предположим, что напряжение питания составляет +5/+6/+9 В и напряжение на выводах 15 и 16 должно быть не менее +3,5 В, тогда получим на резонансной нагрузке допустимый размах напряжения 3/5/11 В. Следовательно, при допустимом токе ±200 мкА не следует использовать импеданс нагрузки более 7,5/12,5/27 кОм. Стоит отметить, что увлекаться увеличением усиления за счёт высокого импеданса нагрузки не стоит, так как увеличивается влияние нелинейности выходного импеданса смесителя (100 кОм), и поэтому в документации найдём оправданную рекомендацию для импеданса — не более 7 кОм. Самая простая стыковка была бы с использованием резистора сопротивлением 1,5 кОм между одним из выходов смесителя к линии питания и через разделительный конденсатор — к входу УПЧ. С учётом входного сопротивления УПЧ (2,7...3,1 кОм) образуется нагрузка сопротивлением 1 кОм, и при крутизне S = 25 мА/В получается ранее отмеченное идеальное усиление $K_{ПЕР}$ = 25...28 дБ от входа ВЧ-узла к входу УПЧ, но в этом случае без селективности. Отсюда можно делать важный вывод, что для АМ-приёмника нагрузка смесителя должна быть явно более 1 кОм, так как имеется ещё полосовой фильтр между ним и УПЧ со своим затуханием, но сопротивление нагрузки 7 кОм желательно не превышать. При таком сопротивлении для АМ-приёмника было бы избыточное усиление в 7 раз (17 дБ), и, скорее всего, эта комбинация предположений породила рекомендацию в документации о затухании 18 дБ между выходом смесителя (одного выхода) к входу УПЧ. Чтобы сделать правильную стыковку смесителя с УПЧ, нужно разобраться со свойствами серийных ПЧ-фильтров.

6.1. Особенности пьезофильтров и ЭМФ

К моменту разработки ИМС К174ХА2 уже имелось большое разнообразие полосовых фильтров на частоты 128...500 кГц, это ЭМФ и ПКФ. Документация к ПКФ обычно очень упрощена и маловыразительна, чтобы на её основе построить качественный узел. В основном приводятся три параметра: центральная частота, полоса пропускания, согласующее сопротивление (нагрузка). Эти параметры могут в реальности иметь большой разброс либо быть просто предельными, а не средними. Поэтому применение ПКФ всегда связано с подборкой экземпляра. Если заводы-изготовители аппаратуры закупают ПКФ с предварительным отбором от поставщика ПКФ, то радиолюбителям остаётся только покупать партии из нескольких десятков ПКФ и подобрать из них идеально подходящие изделия. Случайно купленный ПКФ может разочаровать и зря закрыть хороший радиолюбительский проект, поскольку разброс параметров и их допуски значительные, форма АЧХ может сильно отличаться в одной партии.

ЭМФ изначально изготавливаются с малыми допусками, они долговременно сохраняют все свои параметры, и можно предсказуемо планировать схемы. Однако всё равно стоит изначально тестировать выбранное изделие по вторичным параметрам, таким, как условия согласования, неравномерность АЧХ в полосе пропускания, допустимые уровни сигнала.

6.1.1. Импеданс для согласования

ЭМФ бывают с пьезоэлектрическими преобразователями, они существенно проще в обращении (аналогично ПКФ), имеют малые габариты, почти отсутствует интермодуляция, размах сигнала до 2 В при согласовании на типичное сопротивление нагрузки 3 кОм не вызывает деградацию параметров. Классические "большие" профессиональные ЭМФ с индуктивными преобразователями изначально разработаны для ламповых приёмников, и поэтому их согласуют на десятки килоом, а к индуктивности подбирается компенсационный конденсатор ёмкостью 47...2400 пФ в соответствии с паспортом на изделие. С переходом на полупроводниковую радиоаппаратуру такие ЭМФ получили отвод от катушек, и на этих отводах обеспечивается оптимальное согласование от сотен ом до единиц килоом. Все эти ЭМФ в итоге хорошо "дружат" с транзисторами и ИМС, и по динамическому диапазону они сочетаются с ИМС К174ХА2.

Обычно ПКФ с полосой пропускания более 11...13 кГц имеют пониженный импеданс согласования — 1,5...2 кОм, и это на практике часто подтверждается, и с помощью небольшой коррекции легко получить идеальный результат. Но у ПКФ с полосой пропускания менее 12 кГц можно столкнуться с существенными отклонениями от заявленного значения в интервале −0,5...+8 кОм. Для серий ПКФ ФП1П1-60, ФП1П1-61 и CFW/CFU стоит интерпретировать указанное в документации сопротивление согласования как минимально встречаемое значение.

ПКФ серий CFU и ФП1П1-61-хх при обратном включении могут "показать" более прямоугольную АЧХ, если менять местами вход и выход, подавать сигнал на ПКФ от источника сигнала с пониженным импедансом (−10 %) при нагрузке импедансом 4...10 кОм, значение индивидуальное. Это проще всего сделать с помощью LC-контура (330 пФ + 360 мкГн на частоте 465 кГц), и контурный конденсатор — в виде делителя напряжения для согласования с УПЧ с входным сопротивлением 2,7...3,1 кОм.

Узкополосные ПКФ (до 12 кГц) серии ФП1П1-60-хх при согласовании на 3 кОм по паспорту крайне редко реализуют своё полное качество, в более 95 % случаев они работают идеально при согласовании на нагрузку 4,3...4,8 кОм.

Очень важно не перепутать входной и выходной импедансы

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

самого фильтра с внешним необходимым сопротивлением согласования, по сути, это разные параметры. Но по значению они могут быть близки друг к другу, из-за чего их часто путают.

На **рис. 25** показан простой стенд для предварительного подбора ПКФ (и "транзисторных" ЭМФ) и измерения значимых параметров с помощью осциллографа и делителя (щупа) 1:10 с входной ёмкостью не более 15 пФ. Сканирующий по частоте сигнал подаётся от генератора с выходным сопротивлением (50/75 Ом), и резисторы подбирают по наилучшей форме АЧХ. Для ПКФ на частоту 4500...10700 кГц сопротивление резисторов может быть в интервале 180...390 Ом.

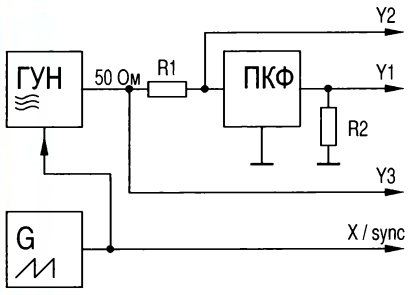


Рис. 25

6.1.2. Затухание ПКФ и ЭМФ

С этим параметром имеется полный конфуз в документации, даже изготовители дорогих профессиональных ЭМФ и ПКФ часто приводят оторванные от контекста бессмысленные значения. Чаще всего, используя такой стенд, придётся самому разобраться в том, какое затухание имеют отобранные по частотным характеристикам ЭМФ и ПКФ.

Для примера был протестирован ПКФ серии ФП1П1-60-02 при согласовании с нагрузкой 4,7 кОм (вместо паспортного минимального значения 3 кОм). По определению затухание — это разница амплитуд между входными и выходными сигналами. На **рис. 26** показаны АЧХ на входе (синяя) и на выходе (жёлтая), и станет понятно, что волнистая входная АЧХ подлежит усреднению (красная линия), чтобы дать правдоподобное значение (масштаб по оси X — 2 кГц/дел.).

Этот ПКФ на семи резонаторах обеспечивает небольшое затухание — около 2 дБ (20 %), это характерное серийное затухание для этого изделия (более 95 % протестированных изделий), а паспортное значение — 4...6 дБ, это гарантированное значение для 100 % изделий с учётом всех условий эксплуатации.

В **рис. 27** показаны АЧХ на выходе генератора (синяя линия) и выходная АЧХ (жёлтая линия). Здесь получается затухание 9...10 дБ, и это уже намёк на проблематичность подключения ПКФ через последовательный резистор в некоторых популярных схемах. Кроме того, с помощью этих измерений можно ещё определить важный параметр для расчёта схем — входной импеданс ПКФ. Красная линия на рис. 26 показывает на то, что ПКФ усреднённо имеет входной импеданс 3,7 кОм к источнику сигнала внутри полосы пропускания. Поэтому в этом узле в целом присутствует импеданс 2,1 кОм, как параллельный импеданс источника сигнала (4,7 кОм) и ПКФ (3,7 кОм). Зато вне полосы пропускания входной импеданс ПКФ имеет большой перепад — от сотен ом до десятков килоом. Это может существенно повлиять на работу и линейность смесителя при попадании мощных сигналов на частоту с этими экстремальными значениями. Диодный смеситель "не дружит" с малым импедансом, а активные смесители с коллекторным (стоковым) выходом перегружаются от большого размаха напряжения, когда ПКФ не "берёт" на себя сигнальный ток.

На **рис. 28** показана АЧХ особо качественного экземпляра ПКФ CFW455H (не более 3 % изделий) при оптимальном согласовании на резистор 2,2 кОм (масштаб по оси X — 2 кГц/дел.). Измерено усреднённое затухание 3 дБ, хотя обычно эти ПКФ имеют затухание в полосе в интервале 4...8 дБ в одной партии, и для расчётов с таким изделием рекомендуется брать значение 6 дБ.

Хороший пример включения ПКФ серии ФП1П1-60-02 показан на **рис. 29**. Индуктивность катушки L1 (680... 2200 мкГн) скомпенсирована на ПЧ с помощью конденсатора C1 (180...47 пФ), и оба они

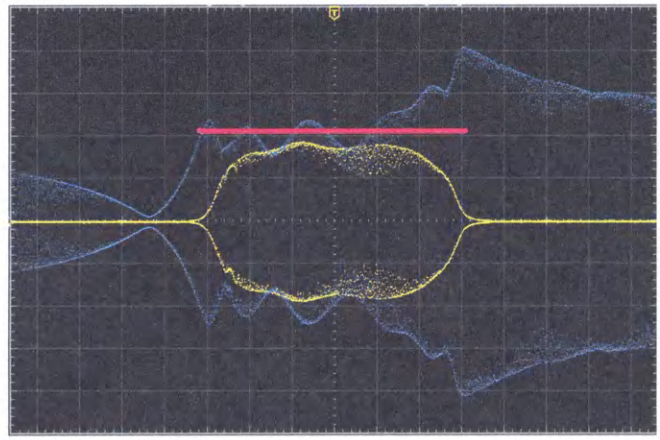


Рис. 26

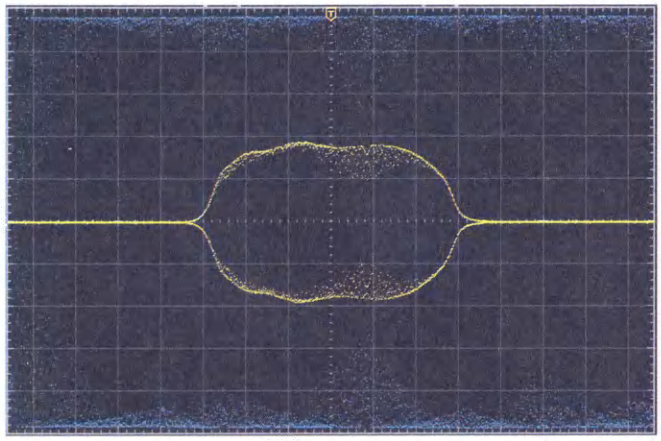


Рис. 27

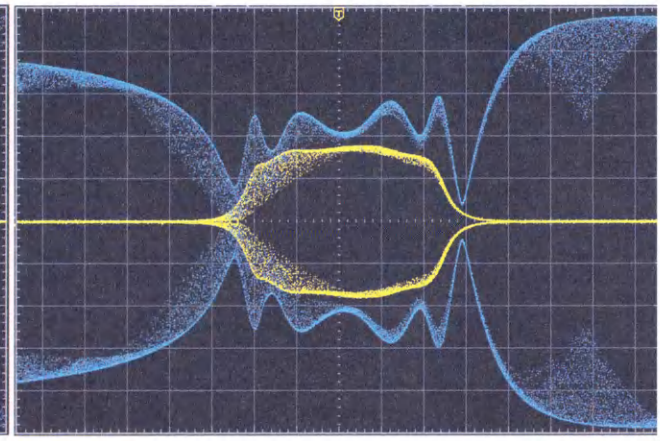


Рис. 28

слабо повлияют на АЧХ, добротность невысокая, зато обеспечивает работу коллектора смесителя по полному напряжению.

RC-цепи R1C2 и R2C3 "отцепят" ПКФ от постоянного напряжения, это важный момент в схемах на ПКФ для предотвращения коррозионных процессов внутри ПКФ, которые, как известно, являются частой причиной отказов. Резистор R1 (4,3...5,1 кОм) обеспечит согласование для получения наилучшей формы АЧХ, и с этим резистором вне полосы пропускания усиление ВЧ-узла доходит до 110 (41 дБ). Внутри полосы пропускания импеданс ПКФ усреднён до 3,5 кОм, отчего в узле присутствует импеданс 2,1 кОм в среднем и усиление от входа ВЧ-узла к входу ПКФ составляет $K_{ПЕР}$ = 52 = 34 дБ. В самом ПКФ сигнал затухает на 2...3 дБ. Резистор R3 добавит к входному сопротивлению УПЧ ещё 1,8 кОм для оптимального согласования ПКФ на 4,7 кОм, это добавит ещё 3 дБ затухания к входу УПЧ (3 кОм). Итого, от входа ВЧ-узла к входу УПЧ коэффициент передача идеален для АМ-сигналов — 28 дБ, а от выхода смесителя к выводу 2 затухание будет 6 дБ. Это указывает на то, что это затухание, как таковое, не может быть исходным параметром для разработки схемы. Подобное решение возможно и с ПКФ серии CFW, при этом R1 = 1,5...2,2 кОм, R2 = 3...5,6 кОм, резистор R3 не нужен.

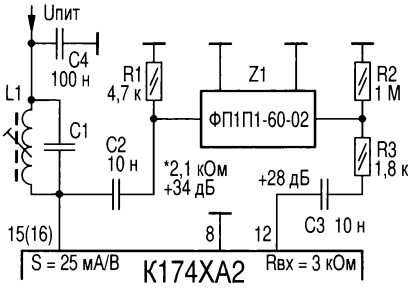


Рис. 29

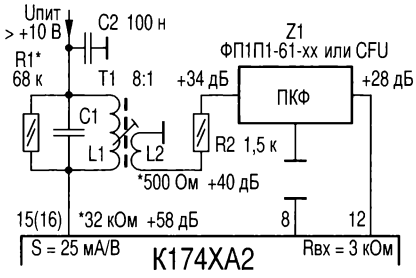


Рис. 30

Типичной для массового производства является простейшая схема с недорогим ПКФ на четырёх резонаторах, показанная на **рис. 30**. В этом варианте благодаря резистору R2 резонансы в ПКФ и резонанс в контуре L1C1 не связаны, и можно скорректировать глобальную кривизну АЧХ неподобранного ПКФ. С помощью резистора R1 резонансное сопротивление колебательного контура доведено до 32 кОм. После трансформации соотношением 8:1 обмотка связи предоставит сигнал с импедансом 500 Ом, и резистор R2 приводит импеданс к ПКФ в норму, для импортных ПКФ это — 2 кОм. Таким образом, ПКФ питается из источника с почти резистивным импедансом и дальняя избирательность максимальная, что важно для простых ПКФ на четырёх резонаторах. Однако на выходе ПКФ нагрузка "неправильная", вместо 2 кОм она составляет 3 кОм от УПЧ, и ещё приложено постоянное напряжение к ПКФ. Отечественный ПКФ серии ФП1П1-61-хх с полосой пропускания до 12 кГц согласуется с импедансом не менее 3 кОм. Для исправления не хватает на выходе ПКФ RC-узла, как на рис. 29. Но самая большая проблема — LC-контур с импедансом 32 кОм. Это годится только для узлов с напряжением питания более +10 В, и только, если АРУ налажена правильно. А с этим в простых вариантах тоже много проблем. Усиление к выводу 16 составляет около 800 (+58 дБ), после трансформации это станет $K_{ПЕР}$ = 100 = 40 дБ, и на этом разработчик посчитал задачу решённой с $K_{ПЕР}$ = 28 дБ к входу УПЧ от входа ВЧ-узла. В этом узле затухание от выхода смесителя к входу УПЧ составляет даже 30 дБ. Для приёмников высшей категории такая стыковка непригодна, так как смеситель работает на грани по выходному напряжению, без резерва для помех и мощных соседних сигналов. Эта схема широко использовалась из-за простоты и предсказуемости с некоторой возможностью корректировать АЧХ.

6.1.3. Полоса пропускания и средняя частота ПКФ и ЭМФ

Большой разброс по частотным параметрам — это специфика ПКФ, и даже у профессиональных ПКФ отклонения могут составить 100...300 Гц, и в схеме РПУ нужно изначально предусмотреть корректирующие настройки гетеродинов. При решении применить массовые ПКФ в аппаратуре нужно исходить с того, что фактически центральная частота может оказаться в интервале ±1...1,5 кГц от заявленной, поэтому без предварительного отбора не обойтись.

Куда печальнее обстоит дело с заявленной полосой пропускания. Приведённые в документации цифры нужно интерпретировать как минимально встречаемое значение. Поэтому ПКФ серий CFW/CFU455-I вряд ли попадёт с полосой пропускания 4 кГц, вероятно, будет с полосой пропускания 5 кГц, а есть и изделия с полосой почти 6 кГц среди одной партии. К тому же ещё до нас крупные покупатели прямо с производства могли отобрать себе эти фильтры с полосой 4 кГц для SSB-аппаратуры, поэтому в магазинах их практически не найти. Такие фильтры можно "добыть" из старого приёмника-донора. Это имеет место для всех ПКФ, например, найти фильтр CFW455-H с полосой пропускания 6 кГц сложно, вероятно, попадётся с полосой на 7...8 кГц, редко — ближе к 9 кГц.

Для комплекта ПКФ в одном приёмнике или для сборки из двух ПКФ надо подобрать их по средней частоте с расхождением менее 200 Гц (измерить по уровню –10 дБ по скатам АЧХ). По полосе пропускания допускается расхождение 300...500 Гц.

6.1.4. Подавление побочных каналов приёма

ЭМФ с пьезоэлектрическим преобразователем и ПКФ показывают лучшее внеполосовое подавление при чисто резистивном согласовании, возможна небольшая ёмкостная коррекция АЧХ. Присутствие индуктивности и дополнительной ёмкости на входах этих изделий ухудшает подавление побочных каналов. Плохой эффект проявится в виде широкого горба в АЧХ на десятки килогерц в области частот 380...440 кГц на уровне –26...–40 дБ, что в целом не сочетается с усилением ИМС К174ХА2. При этом часто улучшается подавление непосредственно соседних каналов. В том числе по этой причине в дешёвых конструкциях применяется схема, показанная на рис. 30, при которой ПКФ снова оказывается с резистивным согласованием.

Появление этого горба связано с тем, что пьезорезонаторы имеют существенную собственную ёмкость, на входе и выходе импортных ПКФ она составляет 50...600 пФ, у серий ФП1П1-60 и ФЭМ-4 — около 110...150 пФ. Эта ёмкость в полосе пропускания фильтра растворяется в колебательной системе, а за пределами полосы пропускания — это просто ёмкость, включённая параллельно внешнему согласующему LC-контуру, при этом ПКФ работает как ёмкостный делитель от входа к выходу. Настроенный на ПЧ LC-контур "работает правильно" только внутри полосы пропускания ПКФ,

а вместе с ёмкостями от ПКФ глобальный резонанс лежит на десятки килогерц ниже. По этой причине в схеме по рис. 29 нужно оставить контур L1C1 с большой индуктивностью и малой ёмкостью.

Такое непосредственное согласование ПКФ с LC-контуром допустимо только в радиотрактах, где есть достаточно дополнительной канальной фильтрации, как минимум ещё двухконтурный LC-фильтр с полосой менее 15 кГц или кварцевый фильтр в первой ПЧ.

ПКФ на четырёх резонаторах в целом не подходят для работы с ИМС К174ХА2, так как усиление ИМС в 100 раз больше, чем подавление побочных каналов у этих ПКФ. Их можно использовать только, если в тракте ещё есть существенные канальные фильтры.

6.2. Активное сложение сигналов

В приёмнике "Салют-001" применяется интересная схема отбора сигнала (**рис. 31**, обозначение элементов — оригинальное) от обоих выходов смесителя, чтобы дополнительным усилением компенсировать значительное затухание ПКФ старого образца ФП1П-025 (10 дБ), не применяя сложных моточных изделий.

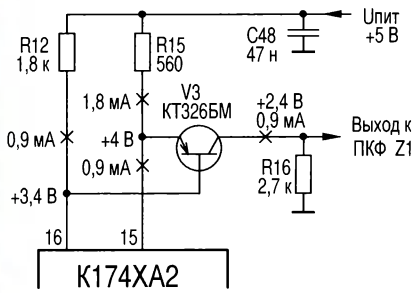


Рис. 31

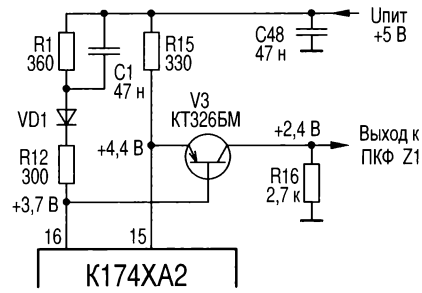


Рис. 32

К сожалению, хорошая идея осталась в бесполезном исполнении, так как противофазные сигналы смесителя с разными коэффициентами передачи передаются на коллектор транзистора V3. Его ток покоя составляет 0,9 мА, а на эмиттере будет импеданс 30 Ом, поэтому сигнальный ток вывода 15 передаётся на 95 % через транзистор V3 на резистор R16 без фазовой инверсии. Сигнальный ток вывода 16 с фазовой инверсией после усиления в 3,2 раза и поступает также на резистор R16. На этом резисторе происходит синфазное сложение полезных сигналов, но с соотношением амплитуд по току 3,3:1, в сумме $K_{ПЕР}$ = 4,3 по току, поэтому почти никакая компенсация побочных сигналов чётного порядка не происходит, кое-как на 3 дБ. Практически с таким же успехом можно было просто один из сигналов смесителя усилить в 4,3 раза и при этом установить полезный ФНЧ для подавления зеркальной ПЧ в области КВ.

Эту схему можно привести в порядок в соответствии с **рис. 32**. При реализации этой схемы токи покоя сохраняются, изменилось усиление от вывода 16 к резистору R16. На эмиттере транзистора V3 будет напряжение +4,4 В, на базе от V3 и на выводе 16 будет +3,7 В, и это намного лучше, чем заводской вариант с напряжением +3,4 В, что на грани допуска. Ток от вывода 15 передаётся к коллектору V3 примерно на 92 %. Для вывода 16 нужно составить сложную нагрузку. Диодом VD1 (кремниевый) компенсируются температурный дрейф транзистора V3 и его нелинейность, подборкой резистора R12 можно идеально наладить симметрию по сигнальным токам. При этом конденсатор C1 устранит влияние резистора R1 на сигнальный ток.

Исправленная схема имеет 50 % усиления от заводской версии (–6 дБ), зато практически нет искажений и реализуется компенсация побочных сигналов, как это может дать двойной балансный смеситель. Если усиления в УПЧ не хватает, замена демодуляторного диода серии Д9 диодом Д311 решит проблему. Однако после такого исправления на резисторе R16 внутри полосы пропускания имеется $K_{ПЕР}$ = 65 = 36 дБ, и с учётом затухания в ПКФ серии ФП1П-025 10 дБ получается к входу УПЧ достаточный $K_{ПЕР}$ = 26 дБ. С учётом дополнительного УВЧ в схеме приёмника в целом набирается критически большое усиление.

LC-контур C52L17.2 (см. рис. 8 в архиве) уменьшит широкополосный белый шум от входного транзистора УПЧ примерно на 20 %, что разгрузит диодный демодулятор от пустого шума, это — удачное решение.

6.3. Стыковка с помощью ЭМФ

Отечественные ЭМФ на частоту 500 кГц имеют отличные параметры, обычно намного лучше минимально гарантированных по паспорту. Однако опубликованные схемы узлов с такими фильтрами полны плохими примерами, и за десятилетия не сформировалась хорошая схемотехника для этих ЭМФ. Причин в основном две. Индуктивный преобразователь в ЭМФ специально "выведен из равновесия" постоянным магнитным полем, и это тщательно подобранный конструктивный параметр. Любой постоянный ток через обмотку ухудшает работу, а ток более 100 мкА можно считать однозначно вредным, и это намного меньше, чем обычный ток покоя транзистора или лампы. Этот ток (в любом направлении) существенно уменьшит ДД ЭМФ. Поэтому нужно избегать схемных решений с постоянным током через преобразователи.

Если сами механические резонаторы довольно прочны и линейны в своём поведении, то индуктивные преобразователи ограничены по мощности входного сигнала. Всем изделиям с высоким импедансом не следует подавать сигнал размахом более 1,2 В для уровня интермодуляции менее –40 дБ. У "транзисторных" вариантов этих ЭМФ с низкоомным отводом предел для размаха сигнала — 0,1...0,3 В, в зависимости от расположения отвода на обмотке. Если предполагать импеданс 20...75 кОм к полной обмотке, то допускается сигнальный ток размахом не более 60...16 мкА. В противоречии в ИМС К174ХА2 на выводах 15 или 16 можно ожидать сигнальный ток размахом до 500 мкА с искажениями –40 дБ. Имеется явная нестыковка по току, она исправима с помощью трансформаторов.

ДД ЭМФ ещё ограничен "снизу" микрофонными шумами (десятки микровольт, кроме теплового шума) на полной обмотке с импедансом в десятки килоом. Хорошие габаритные ЭМФ имеют ДД до 80...90 дБ от микрофонного шума до возникновения интермодуляции с уровнем –40 дБ. Это идеально согласуется с ДД ИМС К174ХА2, надо только эти ДД правильно наложить друг на друга по абсолютным значениям. Проще всего это можно реализовать с трансформацией по току в 8...30 раз, по примеру, показанному на **рис. 33** в трансформаторе T1.

Если предположить реальное среднее затухание в этих ЭМФ 8...10 дБ, то при предельном размахе сигнала 1,2 В на входе на его выходных клеммах следует ожидать качественный сигнал

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

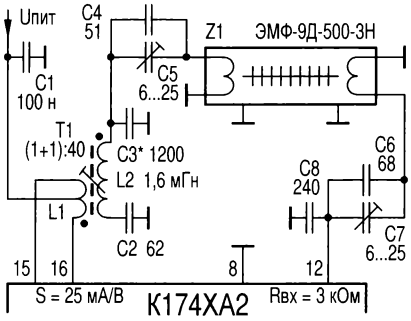


Рис. 33

размахом до 400...500 мВ при импедансе 20...75 кОм. Ёмкостный делитель С6С7С8 к УПЧ снизит предельный размах сигнала до 100 мВ, заодно трансформирует входное сопротивление УПЧ (3 кОм) в подходящее для ЭМФ значение 50...75 кОм.

Очень важно обеспечить высокую добротность контура L2C2C3, так как эти ЭМФ обеспечивают лучшую равномерность вершины в полосе пропускания при очень большом импедансе источника. В указанной комплектации добротность составляет не менее 200, и импеданс источника к ЭМФ достигает более 140 кОм. Таким образом, при исчерпании ДД у смесителя образуется аналогично допустимое напряжение на ЭМФ размахом 1200 мВ.

Трансформатор Т1 и преобразователь ЭМФ вместе образуют двухконтурный LC-фильтр, их связь определяется конденсатором С3, обобщённая нагрузка составляет 50 кОм, и для сигнала размахом 1,2 В требуется инжекция сигнального тока размахом 24 мкА. Поэтому трансформатор имеет коэффициент передачи 1:1:40 = 1:20, чем ожидаемый предельный сигнальный ток размахом 480 мкА из смесителя передаётся правильным образом. На каждом выходе смесителя присутствует нагрузка по 62 Ом, это немного непривычное схемное решение. Усиление по напряжению от входа ВЧ-узла к выходам смесителя составляет $K_{ПЕР}$ = 3,1 и $K_{ПЕР}$ = 62,5 = 36 дБ на входе ЭМФ. После прохода сигнала через ЭМФ и ёмкостный делитель остаётся $K_{ПЕР}$ = 14 дБ от входа ВЧ-узла к входу УПЧ. Этого вполне достаточно для обеспечения системного $K_Ш$, который незначительно выше, чем он был бы только от $K_Ш$ = 8 дБ самого ВЧ-узла. Существенно улучшать системный $K_Ш$ для приёма на высокочастотных КВ-диапазонах удастся только с дополнительным УВЧ.

Указанная схема хороша тем, что нет изначального зашумления тракта от избыточного усиления, как это имеет место в схемах с "сильной" стыковкой с ЭМФ. Поэтому и АРУ может действовать по полной глубине на эфирных воздействиях в соответствии с ДД ИМС. Однако $K_{ПЕР}$ = 14 дБ (5 раз) от входа ВЧ-узла к входу УПЧ и разумно ограниченное усиление в УПЧ не дают на выходе УПЧ простыми решениями получить качественную SSB-демодуляцию и работать АРУ с максимальной эффективностью. Рекомендуется установить хотя бы качественный двухконтурный LC-фильтр для устранения широкополосного шума УПЧ и использовать активный SSB-демодулятор (К174ПС1), отдельный УНЧ для вырабатывания динамичного большого сигнала АРУ (LM158, К544УД8).

Можно поднять базовое усиление изменением коэффициента трансформации на передачу (1+1):8, при этом на смесителе создаётся нагрузка 2 кОм и $K_{ПЕР}$ = 26 дБ от входа ВЧ-узла к входу УПЧ. Тогда стоит организовать АРУ таким образом, чтобы в ВЧ-узле в АРУ стремительно отрабатывался режим 1 до глубины хотя бы –12 дБ (220 мВ на выводе 3) во избежание перегрузки ЭМФ от мощного сигнала на соседнем канале. Для SSB/CW-приёмников лучше реализовать превосходный режим по гетеродину, симметрии и симметричному отбору сигнала, чтобы минимизировать слышимые ложные свисты, и поэтому трудно реализовать АРУ для ВЧ-узла по выходу смесителя.

7. Тракт УПЧ

УПЧ в составе ИМС К174ХА2 состоит из трёх регулируемых ДУ (VT17—VT28) с буферными каскадами в схеме с ОК, выходного ДУ (VT29, VT30) и усилителя сигнала АРУ (VT31—VT34).

7.1. Режимы УПЧ по постоянному току

Очень сложно было разобраться с расхождением между реальным поведением УПЧ и его предполагаемым поведением, если верить публикациям и схемам с разными версиями по номиналам резисторов. Пришлось много чего измерить, косвенно определить пересчётами, а в завершение составить большую расчётную таблицу для моделирования поведения УПЧ. В итоге подобранные "круглые" номиналы резисторов лучшим образом дали совпадение расчётного поведения с реальным поведением УПЧ. Для некоторых резисторов явно неправильными были указаны номиналы, возможно, при случайной ошибке при ручном копировании. Номиналы резисторов по 30 кОм могут быть в реальности немного другими, но всё равно на порядок больше 5 кОм и, вероятно, одинаковыми. Их задача состоит, прежде всего, в "посадке" анодов диодов на общий провод с нулевым потенциалом при глубоком действии АРУ, а при максимальном усилении они должны минимально отводить ток от диодов. Они однозначно не могут иметь сопротивление по 5 кОм, иначе диоды остались бы без тока. Резисторы в выходном ДУ определились при крайних режимах УПЧ при большом размахе сигнала. Самое сложное было определить номиналы резисторов R28, R38, R46 в цепи АРУ, и при этом оказалось, что именно их особым подбором можно достичь превосходных реальных параметров УПЧ.

7.1.1. УПЧ при минимальном усилении

В режиме АРУ с минимальным усилением УПЧ все диоды аттенюаторов оставлены без тока, на их анодах нулевое напряжение. Во всех трёх каскадах на базах входных транзисторов имеется одинаковое напряжение, ровно половина внутреннего напряжения питания. Для простоты принимаем напряжение 3,2 В (при напряжении +7 В на выводе 14), и на базах всех ДУ присутствует напряжение +1,6 В, которое можно измерить на выводах 11, 12 и 13. Из вывода 7 на общий провод протекает ток 700 мкА, такой же ток в идеале течёт через транзистор VT30, но нет возможности его измерить непосредственно. Это легко проверить подачей сигнала большого размаха и вывести ДУ в ограничение на низкоомной нагрузке.

7.1.2. УПЧ при максимальном усилении

В режиме АРУ при максимальном усилении УПЧ с эмиттера VT31 на диодные узлы поступает напряжение +2,5 В. Сначала предполагалось равенство R28 = R38 = R46 = 5 кОм, как это заявлено во многих публикациях. При первом расчётном цикле возникает явное расхождение напряжения в каскадах, и главное, не удастся замкнуть петлю ООС с совпадающими напряжениями на стыке с резисторами ООС. И только если предполагать на выводах 11, 12, 13 напряжение +1,775 В, тогда такое же напряжение будет у всех остальных ДУ на базах транзисторов, это равновесие можно моделировать. При этом диоды получали бы значительные токи и УПЧ мог бы нормально работать. Если предполагать другое текущее напряжение АРУ от транзистора VT31 в интервале 2,5...1,5 В, то всегда найдётся некоторое подходящее напряжение равновесия для всех баз одинаково в трёх ДУ в интервале +1,775...+1,6 В. Вот так УПЧ

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

смог бы работать при равенстве резисторов R28, R38, R46 по 5 кОм. Но разработчика это, видимо, не устроило, так как меняющееся от работы АРУ напряжение на блокировочных конденсаторах на выводах 11 и 13 мешало бы в динамике АРУ, чем страдает вся транзисторная классика радиоприёмных схем.

При проверке реальной работы ИМС К174ХА2 (TCA440, A224) мы определяем, что при любом установленном режиме АРУ на выводах 11, 12, 13 напряжение никак не меняется, ни на милливольт. Очевидно, дело тут принципиальное, фундаментальное, о котором все изготовители молчат почти 50 лет в документации. Для моделирования образуется система из большого числа уравнений, проще эту задачу оставить компьютеру, осталось ему в таблице прописать все формулы с их взаимосвязями, этот xls-файл выложен в архиве, здесь рассмотрим результаты. В схеме ИМС на рис. 1 напряжения указаны в скобках для режима с полным усилением и резисторы R28, R38, R46 указаны с правдоподобными номиналами. При работе АРУ напряжения плавно меняются между указанными предельными значениями.

Безусловное равновесие входа УПЧ по постоянному току и смещению на 50 % от напряжения на эмиттере транзистора VT16 при любом режиме АРУ сохраняется при питании диодов через резисторы R28, R38, R46 = = 6/1,575/6 кОм при условии, что сопротивления резисторов R29, R39, R47 — по 30 кОм, и диодные узлы питаются током из импеданса 5/1,5/5 кОм со стороны анодов. Это без нарушений сработает и моделируется для питания от транзистора VT16 в интервале 2,7...3,4 В и является важным моментом для высокого качества УПЧ. При работе АРУ напряжение на блокирующих конденсаторах не изменяется, нет ложных отзывов при переходных процессах. С таким УПЧ можно реализовать сложные адаптивные системы и в случае АМ-приёма избежать искажений сигнала в суровых условиях ДВ-, СВ- и КВ-эфира.

7.2. Выходной каскад УПЧ на транзисторах VT29, VT30

УПЧ реализован правильно, если различные ограничения сигналов связаны с выходным каскадом, и работа АРУ должна обеспечить сохранение линейного режима выходного каскада за счёт снижения усиления в первых трёх каскадах УПЧ. На выходной ДУ возложена ещё задача "выдать" требуемый сигнальный ток в колебательный контур. Допускается размах до 500 мкА при предельном действии АРУ или до 1,2...1,5 мА в ключевом режиме.

При минимальном усилении УПЧ и полной блокировке вывода 11 на базу транзистора VT29 поступает напряжение смещения 1,4...1,7 В, на базу транзистора VT30 поступает такое же смещение, но с сигналом, по размаху 83 % от входного сигнала на выводе 12. Это хорошо тем, что у выходного транзистора VT29 напряжение на базе постоянное и при минимальном усилении, и при большом размахе сигналов на коллекторе (вывод 7). Поэтому транзистор VT29 может выдать на коллекторе напряжение до +2 В (выше наступает насыщение) и на резонансной нагрузке — сигнал размахом до 4 В относительно общего провода. Однако искажения с уровнем –60(–50) дБ сохраняются до размаха 2(3) В у сигналов AM/SSB. Это важное условие при разработке АРУ, и оно часто не соблюдалось при разработке аппаратуры.

При напряжении питания +4/4,5/5/5,6/7/9 В из вывода 7 на общий провод протекает ток покоя 0,59/0,63/0,66/0,67/0,7/0,73 мА при отсутствии ошибки напряжения смещения на входе УПЧ. Такой же ток течёт через транзистор VT30, а двойной ток протекает через резистор R51. Часто устанавливаемый к выходному контуру последовательный резистор сопротивлением 100 Ом приводит к прямому смещению (60...70 мВ) диода АМ-демодулятора. Это для "инертного" диода серии Д9 было полезным, а для более "отзывчивых" диодов этот резистор не нужен и вредит качеству при больших сигналах, но для проверки режима по постоянному току этот резистор удобен. Даже в качественных схемах рекомендуется его установка, но прямо последовательно с выводом 7, оставив до и после этого резистора доступные контрольные точки.

В типовых схемах из документации усреднённая за период сигнала нагрузка составляет примерно 12 кОм, и при размахе сигнального тока 100 мкА размах на выводе 7 будет не более 1,2 В для пиков АМ-сигнала. Следовательно, не удастся вывести АРУ на полную отработку динамики при малых искажениях, и поэтому в документации видим существенные значения по искажениям. Чтобы для АРУ получить достаточное напряжение, выходной каскад придётся довести до режима с искажениями более –40 дБ с размахом тока 250...290 мкА, но по схемам в документации (на TCA440) и это не помогло бы из-за предложенных "инертных" диодов, а рекомендуемые импортные диоды, к большому удивлению, оказались не лучше диодов серии Д9.

7.3. Усиление

По усреднённым результатам измерений разных изделий максимальная крутизна всего УПЧ S = 770/850/920/1280 мА/В при напряжении питания +4,5/5/5,6/9 В, разброс был незначительным, и снова не наблюдалось ухудшения качества отечественных изделий. Если на вход УПЧ подавать сигнал размахом 100 мВ при минимальном усилении (более 950 мВ на выводе 9), выход УПЧ выдаст ток размахом ±72 мкА, и это свидетельствует о минимальной крутизне в УПЧ $S_{МИН}$ = 1,44 мА/В. Сам ДУ на транзисторах VT29, VT30 обладает крутизной 1,67 мА/В, каждый каскад УПЧ имеет минимально $K_{ПЕР}$ = 0,95, и втроём они передают входной сигнал на транзистор VT30 с $K_{ПЕР}$ = 0,86 при самом глубоком действии АРУ.

Усиление в реальном УПЧ образуется в сочетании с нагрузкой $R_Н$ на выводе 7 по формуле $K = S \cdot R_Н$. Из этой измеренной крутизны использованы более правдоподобные номиналы по 260 Ом для резисторов R52, R53. Номиналами по 140 Ом это никак не объяснить, эмиттерный импеданс выходных транзисторов предположительно составляет по 40 Ом при токе по 700 мкА.

Из расчётной таблицы моделирования были получены не только напряжения, но и коэффициенты передачи трёх регулируемых каскадов в УПЧ при разном состоянии АРУ. Результат моделирования оказался долгожданным ответом тому, что имелось в виду в некоторых публикациях в конце 1970-х годов, когда заявляли о некотором особом режиме задержки АРУ внутри УПЧ, но объяснение этому заявлению никто не дал и не могли давать при заявлении, что сопротивление резистора R38 = 5 кОм. На **рис. 34** показаны в отдельности характеристики АРУ трёх каскадов в УПЧ в линейном масштабе при условии R38 = 1,6 кОм. Так как ДУ на транзисторах VT22, VT23 работает при симметричной подаче сигнала и при симметричном отборе, сам резистор R38 не повлияет на усиление в составе ДУ. На этом резисторе нет изменяющегося сигнального напряжения (виртуальное заземление), и поэтому его номинал можно с большой свободой подобрать для постоянства входного смещения УПЧ.

В правильно разработанном многокаскадном УПЧ усиление уменьшается сначала в последнем каскаде, и на диаграмме видно, что при снижении напряжении АРУ от транзистора VT31 именно последний ДУ (жёлтая кривая) "отзывается" сразу, средний ДУ (серый) умеренно уменьшает усиление, а входной ДУ

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

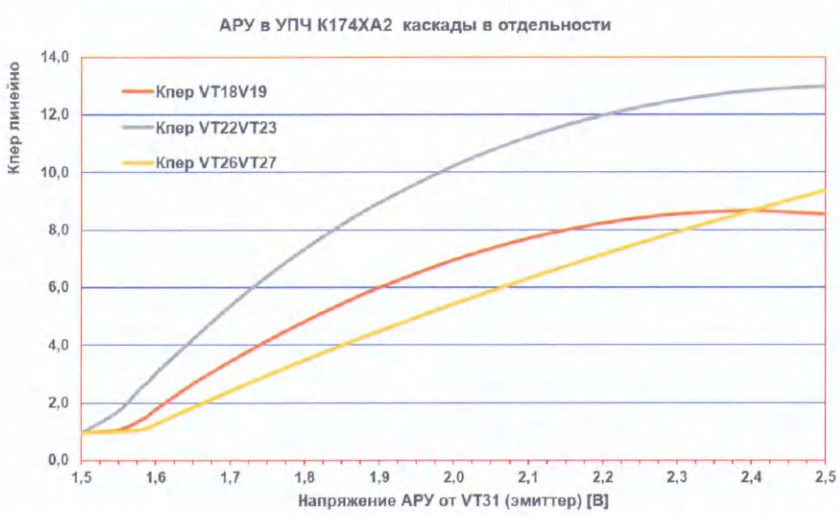


Рис. 34

успевает даже в начале на 1 % увеличить усиление и только потом подключается активно к процессу уменьшения усиления, когда усиление остальных двух ДУ уменьшилось на 6 дБ. Мало того, последний ДУ первым доходит до предельно минимального усиления и больше уже не меняется, когда у первых двух ДУ ещё есть запас по усилению. Это всё сделано очень правильно и обеспечит оптимальный результат по искажениям и шумам. Однако по шумам можно всю эту красоту испортить непродуманной обвязкой, с чем часто имеем дело в реальных схемах аппаратуры.

7.4. Вход УПЧ

При максимальном усилении на входе УПЧ допускается размах сигнальной смеси до 600/550/500/400/300 мкВ при напряжении питания +4,5/5/5,6/7/9 В, чтобы искажения остались менее –50 дБ. Жёсткое ограничение наступает при четырёхкратном размахе и с искажениями АМ-сигнала на уровне хуже –20 дБ. Это важный момент при выборе ПЧ-фильтра по селективности. Мощный сигнал из соседнего канала должен быть подавленным настолько, чтобы он не смог превысить вышеуказанный размах на входе УПЧ. Поэтому в сочетании с ИМС К174ХА2 подходят только ПЧ-фильтры с не менее чем шестью резонаторами, обеспечивающими подавление побочных сигналов в целом не менее 50 дБ и более 60 дБ непосредственно в соседнем канале. Пьезофильтры серий CFU(M) и ФП1П1-61 на четырёх резонаторах не подходят.

В стандартных узлах допускается размах сигналов 50/130/200 мВ на входе УПЧ при полном действии АРУ для искажений с уровнями –60/–46/–36 дБ. Однако можно организовать сложную схему АРУ с внешним усилителем сигнала АРУ и при этом расширить допуск на размах сигнала до 300/400/500 мВ при искажениях с уровнем –60/–55/–50 дБ.

По чувствительности УПЧ "читает" АМ-сигнал 30 % размахом 20 мкВ с отношением С/Ш = 12 дБ в аудиоспектре при его идеальной демодуляции. Напомним, что по рекомендациям порог АРУ налаживается для входного сигнала размахом 100...150 мкВ. С другой стороны, это говорит о значительных собственных шумах ($K_Ш$ = 14 дБ), но УПЧ был составлен с учётом значительного усиления 20...40 дБ от антенны до его входа. Подобная чувствительность УПЧ "нашлась" у всех изделий разных изготовителей, но есть несколько вредных популярных способов её испортить в реальных узлах и получить зашумлённый приёмник.

В документации на ИМС заявлено о пороге АРУ при входном сигнале около 130 мкВ, что хорошо сочетается с допуском входного размаха при полном усилении в 3...4 раза больше. На самом деле нет такого "встроенного" порога. Это только рекомендация для организации запуска АРУ для такого сигнала, но в петле АРУ можно установить совсем другие значения или несостоятельной компоновкой обвязки всё испортить. Схемы из документации создают такой запуск АРУ с трудом. А если поменять диод серии Д9 (или аналогичные импортные неудачные изделия) на более "отзывчивое" изделие, порог удастся наладить вплоть до 70...50 мкВ. Порог АРУ создаётся из комбинации усиления УПЧ при выбранной нагрузке на выводе 7 и "отзывчивости" диода. Суть системы АРУ должна быть в том, что при удачно настроенном "пороге" запуска АРУ собственный шум УПЧ мало участвует в системном шуме, и доминирует шум у входа ВЧ-узла. Высокий порог АРУ уменьшит резерв ДД до наступления ограничения, и импульсные помехи могут забить УПЧ до жёсткого ограничения. При приёме АМ-сигнала это даст "суровый" тембр, что мы часто имеем в реальной аппаратуре.

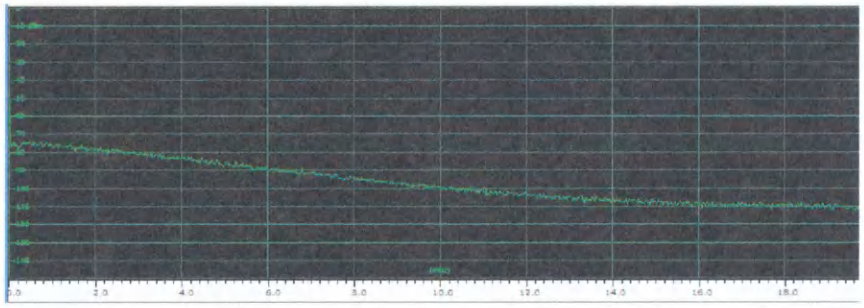


Рис. 35

Обычно в документации указывают на блокировку входа УПЧ конденсатором между выводами 11 и 13 и общей блокировкой от вывода 13 к общему проводу. Этот способ правилен тем, что он при умеренном качестве бюджетных конденсаторов (середина 1970-х годов) лучшим образом предотвратит появление ООС или ПОС по сигналу. Однако качество современных конденсаторов позволит выводы 11 и 13 соединять с общим проводом отдельно напрямую и упростить разводку на печатной плате. Важно довести входной контур от вывода 12 обратно к точке заземления этих конденсаторов, чтобы исключить влияние общего заземления на выводе 8.

7.5. Шум УПЧ

УПЧ имеет граничную частоту около 2 МГц по крутизне (по уровню –3 дБ), а до частоты 1200 кГц его АЧХ плоская и шумовая плотность спектра на выходе распределена примерно так же. При полном усилении, открытом входе (вывод 12) и эффективной

блокировке на выводах 11 и 13 на выводе 7 выдаётся широкополосный шумовой ток со средним размахом ±50 мкА, а короткие пики длительностью 200 нс могут иметь размах до ±120 мкА. Это типичный белый шум с полосой 2 МГц (по уровню –3 дБ) и длинным "хвостом" до частоты 15 МГц (**рис. 35**). Необычное применение узла УПЧ на частоте 1,6 МГц в радиостанции Р-853 впишется в спецификацию.

Входной транзистор получает смещение через блокированный для шума резистор R23 = 3,4 кОм, который добавляет свой шум к шуму входного дифференциального усилителя. Если подключить вход через блокировочный конденсатор ёмкостью 100 нФ на общий провод, останется только шум дифференциального усилителя с диодами VD15, VD16, и этот шум примерно на 2 дБ ниже (20 %) шума открытого входа. У идеального усилителя шум исчез бы по мере увеличения усиления этого ДУ, как это ранее показано было для УВЧ. Поэтому можно оценить, что шум усилителя примерно в пять раз превысит естественный тепловой, что соответствует $K_Ш$ = 14 дБ. К тому же входное сопротивление транзистора VT18 составляет более 10 кОм, и поэтому входной сигнал поглощается резистором смещения R23. С таким входом никак не реализовать малошумящий режим при подаче сигнала из источника с малым импедансом. При особых требованиях по шумам в УПЧ нужен малошумящий предусилитель с усилением 10...12 дБ.

Большое усиление и широкий спектр шума проблематичны, если на выходе УПЧ нет особой селективности, этот шум детектируется в диодном выпрямителе или SSB-демодуляторе и превышает слабый сигнал. Это имеет место с выходным LC-контуром с большой индуктивностью (более 600 мкГн) и ёмкостью менее 200 пФ. К подобным выводам инженеры пришли ещё 70 лет назад и делали правильные выводы в конструкции приёмника "Беларусь-57", применив на выходе УПЧ трёхконтурный LC-фильтр до диодного демодулятора. Следование плохой распространённой практике и подавлению этих внеполосовых шумов в аудиоспектре после АМ-демодулятора с помощью конденсатора с большой ёмкостью приводит к плохой работе демодуляторного диода, существенному искажению спектра аудиосигнала, вплоть до потери разборчивости. Поэтому в простых схемах на ИМС К174ХА2 следует считать демодуляторный LC-контур (L = 78...115 мкГн, C = 1500...1000 пФ) более правильным выбором.

При полном усилении и идеальной АМ-демодуляции сигнал АМ 50 % размахом 15(48) мкВ из источника импедансом 3 кОм на выводе 12 обеспечивается отношение С/Ш = 10(20) дБ на аудиовыходе при полосе пропускания 10 кГц в УПЧ. Это измерение хорошо подтверждает параметр $K_Ш$ = 14...15 дБ этого УПЧ. Примерно при размахе входного сигнала 8 мкВ сигнал АМ 50 % "исчезает" в шумах при полосе приёма 10 кГц и хорошем диодном демодуляторе на выходе. SSB/CW-сигналы при полосе пропускания 3 кГц останутся разборчивыми до сигнала размахом 5 мкВ, если после УПЧ не подавить широкополосные шумы.

7.6. ООС для УПЧ

В УПЧ не всегда нужно максимальное усиление. Можно подавать начальное напряжение смещения в АРУ и установить нужное начальное усиление в УПЧ, якобы так это сделано в приёмнике "Радиотехника Т-7111" (схема выложена на сайте журнала). Это не особо хороший вариант, потому что получается резкое включение АРУ, и при малом сигнале приёмник реагирует очень "агрессивно и нервозно" на самые малые изменения, в результате слух быстро устаёт при поиске слабого сигнала.

Всё получится лучше, если осуществить уменьшение базового усиления с помощью ООС, как это практикуется с операционными усилителями. Последовательным резистором в цепи блокировки на выводе 11 в ООС задействованы резисторы R33, R34 (см. рис. 1). Шумовые свойства при этом ухудшаются незначительно.

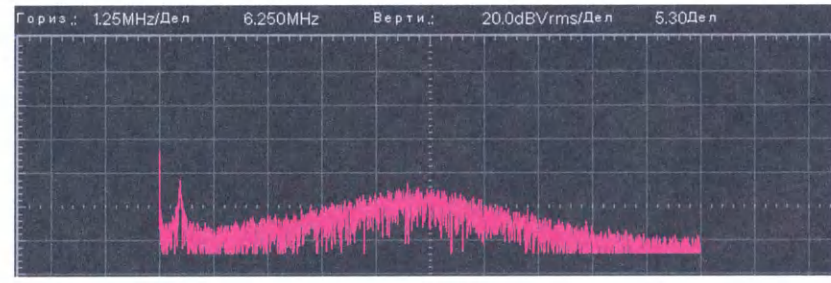


Рис. 36

Установка резистора ООС номиналом 330/220/120 Ом уменьшит начальное усиление на 12/8/4 дБ. Ровно настолько же уменьшается динамика АРУ в УПЧ, так как минимальное усиление УПЧ от этой ООС не меняется. К тому же АРУ запустится намного мягче, заход в действие очень пологий. Максимально допустимый размах к входу УПЧ при полном усилении станет меньше зависеть от напряжения питания и составит около 1 мВ для $R_{ООС}$ = 330 Ом и для искажений –50 дБ. Это существенно улучшит разборчивость аудиосигнала при наличии импульсных помех и ослабит требования к полосовому ПЧ-фильтру по подавлению соседнего канала.

Резистором ООС с номиналом 330 Ом образуется на выходе УПЧ шумовой ток с широким КВ-спектром (**рис. 36**). Он измерен при широкополосной нагрузке (100 Ом) на выводе 7. К тому же на вход УПЧ поступает шумовой спектр от УВЧ через ПЧ-фильтр (шумовой пик слева).

В диапазоне частот 4...7 МГц присутствует интенсивный шум с той же спектральной плотностью, что и шум в полосе ПЧ. Однако полоса шириной 3 МГц в 15...20 раз больше приносит шумовой размах, и выходной контур у демодулятора должен подавить частоты выше 3 МГц на 20...26 дБ. Демодуляторный LC-контур (L = 115 мкГн, C = 1000 пФ) при нагрузке 12 кОм имеет добротность Q = 35, справится с этой задачей. LC-контур с L = 680 мкГн и C = 180 пФ с добротностью Q = 6 уже не подавит побочный шум. А в некоторых примерах документации рекомендуют LC-контур с L = 2,5 мГн, C = 47 пФ, в этом случае диодный демодулятор забит шумом. Ещё хуже, если без особой селекции следует SSB-демодулятор, работающий в ключевом режиме, который на гармониках гетеродина преобразует не только ПЧ-сигнал, а ещё зеркальный ПЧ-сигнал и всю "горку" КВ-шумов. Это ухудшает отношение С/Ш на порядок при приёме слабых сигналов. После такого УПЧ с ООС нужна выраженная канальная селективность до демодулятора, и на стыке к SSB-демодулятору даже (второй в тракте) ЭМФ нелишний. Он может быть менее избирательным и на 20 % шире основного фильтра до УПЧ.

Если установить резистор ООС номиналом 680 Ом, УПЧ на транзисторах VT19—VT28 возбуждается на средних КВ-частотах (**рис. 37**), а в приёмнике Т-7111 установлен резистор с номиналом 1 кОм!

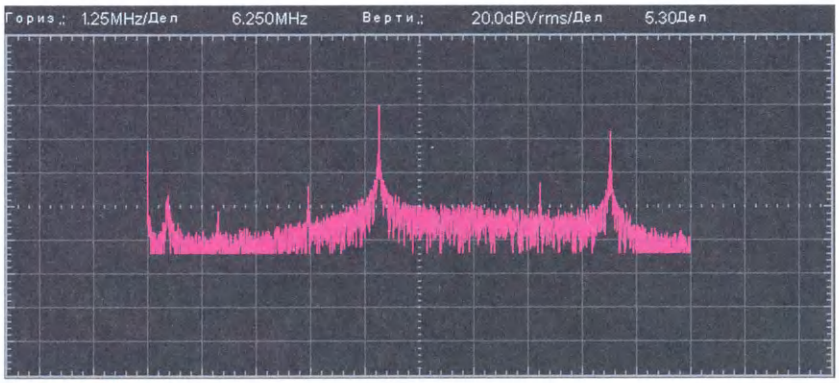


Рис. 37

Но так как ни сам входной транзистор УПЧ, ни сам выходной каскад УПЧ в этой генерации не участвуют, весь УПЧ работает, и усиление вроде уменьшено, как и хотелось, по сравнению с рис. 36, выше шумовой пик на частоте 465 кГц убавлен ещё на 6 дБ. Если провести измерения по классической методике только в области частоты 465 кГц, всё получается вроде правильно. Однако всё это происходит не за счёт ООС, а за счёт остаточного усиления при доминирующей генерации. Такой УПЧ загадочно и сильно шумит, и когда при работе приёмника АРУ уменьшит усиление на 10...12 дБ, приёмник вдруг заработает с относительно малым шумом, что обусловлено срывом самовозбуждения на КВ. Такой эффект не получится обнаружить с помощью простого осциллографа, так как колебательный контур на выводе 7 с конденсатором ёмкостью 1500 пФ подавляет сигнал самовозбуждения, и только чувствительным анализатором спектра можно это "уловить" на резисторе R131 = 200 Ом за контуром. Чтобы убрать загадочный шум, разработчики приёмника установили резистор R130 и тем самым устроили начальный тормоз для АРУ, это то, чего бы не хотелось и для чего установили ООС. Нужно выбрать номинал резистора R131 до 270...330 Ом для правильной работы и тогда резистор R130 = 1 МОм можно совсем убрать.

7.7. Нулевое напряжение смещения в УПЧ

По замыслу в УПЧ работает ООС по постоянному току и удерживает УПЧ в равновесии (резисторы R23, R24, R33, R34). При максимальном усилении более 54 дБ внутри петли ООС точность самокоррекции должна быть хорошей (0,3 %), и не должно быть ограничения входного сигнала, что в целом и наблюдается в квазистационарном режиме по АРУ, когда уровень входного сигнала не меняется. Однако в реальной работе дело немного сложнее, и многие нарекания к работе приёмников, особенно SSB-приёмников, связаны с ошибкой нулевого смещения УПЧ. Критически обстоит дело при использовании УПЧ в качестве УНЧ в приёмниках прямого преобразования или при работе в качестве микрофонного усилителя с АРУ, когда конденсаторы блокировки должны быть ёмкостью около 10 мкФ на выводах 11 и 13. Замысел схемы УПЧ таков, что напряжение смещения входного ДУ при работе АРУ совсем не должно изменяться. Но реально имеется некоторая ошибка от разброса параметров элементов на кристалле, а ООС по постоянному току устраняет эту ошибку только для конкретного значения сигнала АРУ. Поэтому при работе АРУ корректирующая ООС в ответ тоже вынуждена работать, и на блокировочных конденсаторах можно наблюдать перепад напряжения на сотни микровольт при подаче напряжения АРУ на вывод 9. А это равносильно тому, что АРУ создаёт ложный сигнал, на который сама ещё и отзывается. Таким образом, особенно на НЧ или при быстрой АРУ при SSB может привести к путанице в реакции АРУ, и вместо качественного полезного сигнала получим громко слышимую "разборку" между ООС и АРУ. Единственное решение — скорректировать извне эту ошибку смещения в статике. Для реализации коррекции проще всего установить переменный резистор 25...100 кОм к линиям питания и через него подавать небольшой ток через резистор 1 МОм на вывод 13.

Косвенным и надёжным признаком отсутствия ошибки смещения может служить глубокое подавление чётных гармоник ПЧ-сигнала, это можно проверить при низкоомной нагрузке на выводе 7. Другой признак — это чёткое исполнение изменения усиления при скачках напряжения на выводе 9. Для этого надо отключить стандартный сглаживающий конденсатор АРУ и подавать низкочастотные импульсы на вывод 9. На выходе УПЧ полезный сигнал должен мгновенно принимать правильный новый уровень, без выбросов и пробелов. Ещё один признак — это ток покоя из вывода 7, который должен быть около 650...700 мкА, и его легко найти, измерив напряжение на резисторе 100 Ом, который часто установлен в цепи вывода 7. После такой коррекции приёмник прямого преобразования работает менее нервозно, и слух не устаёт от работы АРУ и побочных акустических эффектов в спектре до 300 Гц.

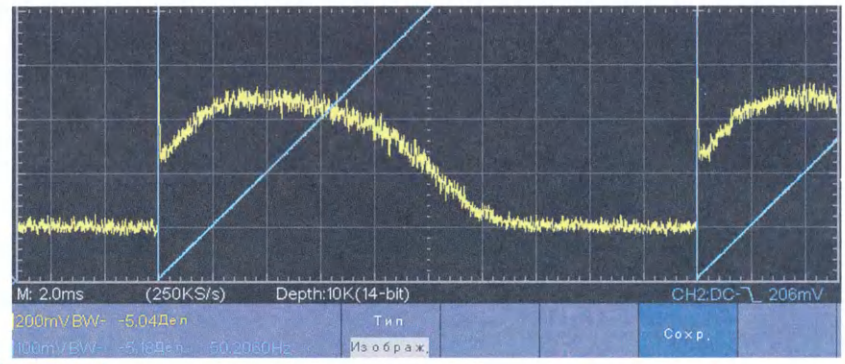


Рис. 38

На **рис. 38** показано изменение усиления собственного шума УПЧ с резистором номиналом 330 Ом в цепи ООС (жёлтая кривая, масштаб по оси Y — 10 дБ/дел.) в зависимости от меняющегося напряжения АРУ на выводе 9 (синяя кривая) при ошибке смещения на входе УПЧ. При резком спаде напряжения АРУ на выводе 9 (слева) усиление должно быстро стать максимальным, но этот УПЧ не дорабатывает 10 дБ. Затем напряжение АРУ растёт постепенно, при этом усиление должно было уменьшаться. А на самом деле усиление увеличивается на 10 дБ в течение 2 мс — система работа-

ет в динамике не в ту сторону. И только спустя 2 мс после этого резкого перепада система АРУ с ООС переходит в нормальную работу и снижает усиление. После внедрения коррекции смещения получается правильная реакция без всяких конфликтов в динамике между ООС и АРУ (**рис. 39**).

Для стандартного случая радиовещательного АМ-приёмника этот эффект заметен мало, так как инерционность АРУ намного больше (RC-цепь R = 39 кОм и C = 4,7 мкФ), чем инерционность ООС (3 кОм и 100 нФ). Однако коррекция нулевого смещения улучшает линейность, и это важно, если есть опасность, что из соседнего канала могут попадать "отрывки" сигнала.

На рис. 38 показан уровень шума УПЧ при установленном резисторе ООС (330 Ом) на выводе 11, на **рис. 40** показан шум при полном усилении, без ООС.

Между этими графиками видим разницу 10...11 дБ по шуму при нулевом напряжении АРУ. Это говорит о том, что при снижении усиления на 12 дБ шум снизится существенно меньше, всего на 1...2 дБ. Чтобы уменьшить усиление на 12 дБ только с помощью АРУ (без ООС), нужно подать напряжение 160 мВ на вывод 9, и при этом шум снизится только на 9...10 дБ, то есть такой способ шумит на 10 % больше, чем ООС на выводе 11 с резистором сопротивлением 330 Ом. К тому же происходит сразу резкий запуск АРУ, нет пологого захода, приёмник будет реагировать "нервозно" на слабые сигналы и малейшие помехи, в результате слух быстро устаёт.

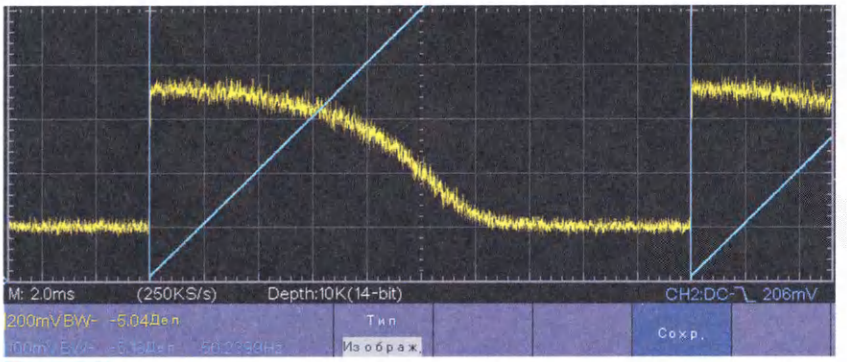


Рис. 39

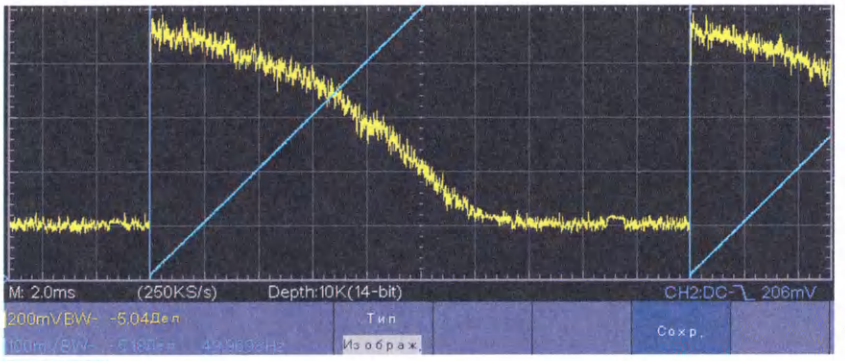


Рис. 40

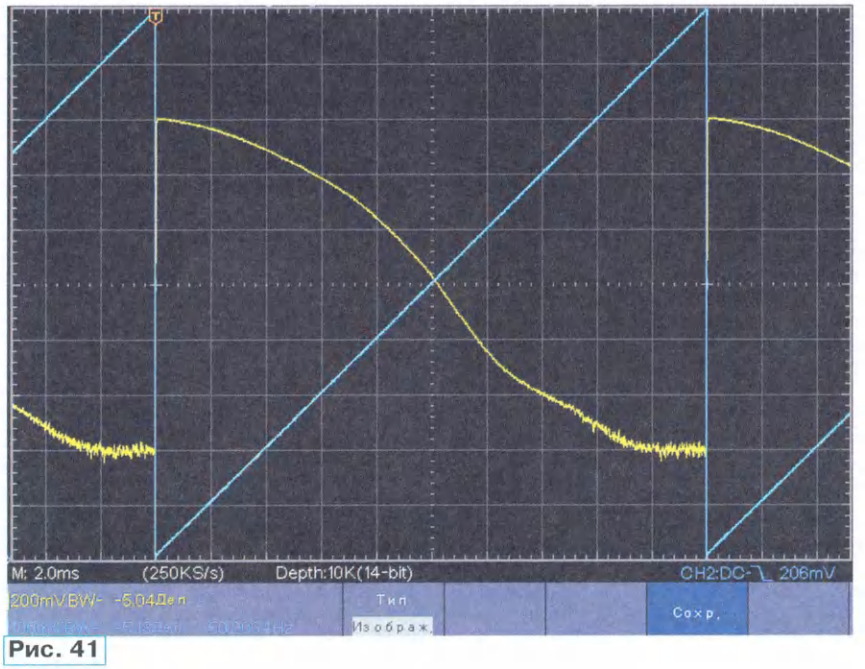


Рис. 41

7.8. АРУ в УПЧ

После налаживания нулевого смещения (через вывод 13) стало возможным снять характеристику АРУ (жёлтая кривая) без ложных искривлений, на **рис. 41** она показана при полном усилении в логарифмическом масштабе (10 дБ/дел.), без ООС, напряжение АРУ на выводе 9 изменяется в интервале 0...+1 В (100 мВ/дел. голубая кривая) при напряжении питания +7 В и входном сигнале размахом 500 мкВ (искажения и ошибки всегда менее 1 %).

В целом АРУ отработает глубину регулировки 60 дБ при напряжении до 900 мВ на выводе 9. Характеристика с самого начала имеет наклон, то есть тут нет никакого порога, это выяснили ранее — отзывается сразу последний из трёх ДУ в УПЧ. В большинстве стандартных узлов напряжение АРУ доходит примерно до 600 мВ на выводе 9, и, как показывают измерения, при этом достигается глубина АРУ всего 42 дБ. В таких узлах от вывода 10 к выводу 3 установлен "штатный" делитель напряжения, в ВЧ-узле АРУ отработает тогда более чем на 26 дБ, и такой стандартный приёмник имеет общую регулировку АРУ не более 68 дБ. Это и есть средняя или простая категория аппаратуры, от которой мы десятилетия ждали чудес технического прогресса с микросхемами.

На самом деле более крутая часть напряжения АРУ доходит до 650 мВ и переходит в пологую часть до 850 мВ. Поэтому для хорошей аппаратуры нужно рассчитать петлю АРУ до 850 мВ при входном размахе сигнала 100 мВ. Свободным параметром при

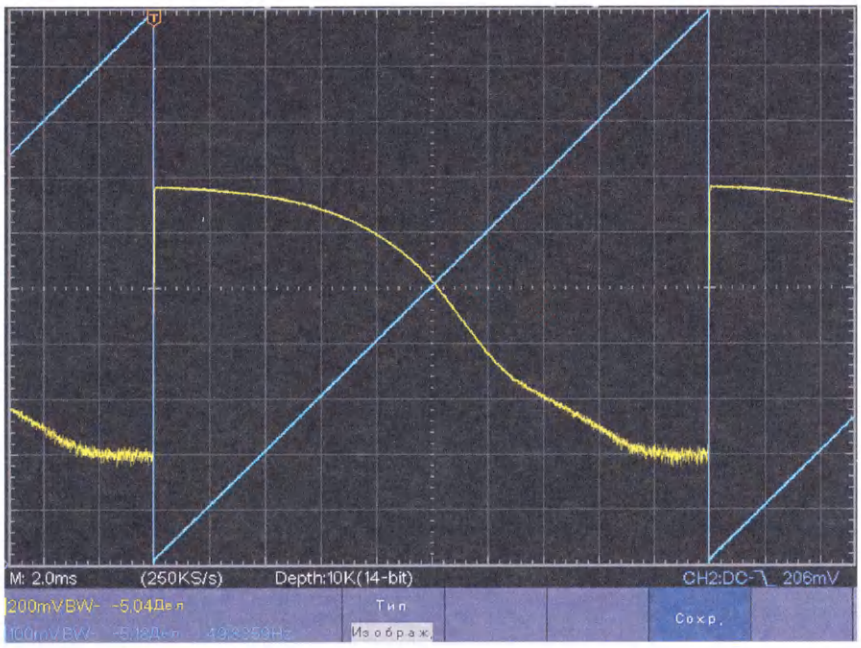


Рис. 42

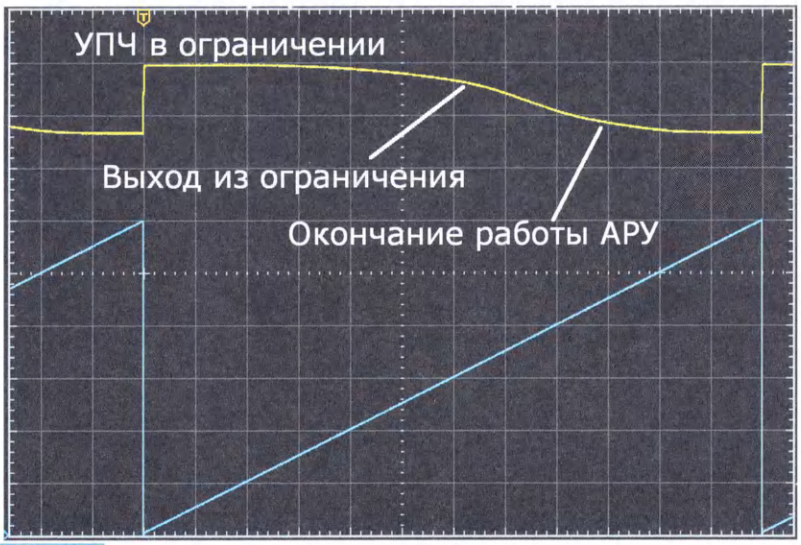


Рис.43

этом является выходной ток из вывода 7 при допустимом уровне искажений, но более 300 мкА для искажений явно менее –40 дБ при размахе 2 В на выводе 7. То есть без трансформации вверх в колебательном контуре от вывода 7 к диоду не обойтись либо надо добавить усилитель АРУ от демодулятора к выводу 9. Но об этом в документации нет сведений.

При установке цепи ООС (резистор сопротивлением 330 Ом) изменяется момент начала работы АРУ, максимальное усиление уменьшено на 12 дБ (**рис. 42**).

На начальном участке практически исчез наклон, на первых 100 мВ практически нет реакции АРУ, график "придавлен", но при напряжении АРУ ближе к 500 мВ уже всё как прежде, ООС не влияет, так как усиление самого УПЧ небольшое.

Характеристика АРУ при ООС мало зависит от напряжения питания при максимальном усилении. При большой глубине растёт требуемое напряжение АРУ с ростом напряжения питания. Это ещё один повод для качественной аппаратуры применить стабилизированное напряжение питания на выводе 14.

При входном сигнале размахом до 100 мВ межэмиттерные диоды имеют достаточное напряжение обратного смещения, чтобы в пиках не открываться, поэтому характеристика АРУ переходит в стационарное состояние при напряжении более 850 мВ на выводе 9. Но если подавать на вход УПЧ сигнал размахом 500 мВ, межэмиттерные диоды отзываются на пиках сигнала, им не хватает напряжения обратного смещения. При измерении для такого крайнего случая подавалось напряжение 0...1,2 В на вывод 9 и соответственно УПЧ только при напряжении АРУ более 0,7 В выходит из ограничения (**рис. 43**).

Хорошо видно, что усиление падает с ростом напряжения АРУ (синяя кривая, масштаб — 200 мВ/дел.), вплоть до 1,05 В. При проверке искажений оказалось, что УПЧ вполне качественно передаст и такой сигнал к выходу с искажениями менее –50 дБ, если позволить АРУ столь эффективно работать. Открылся резерв по размаху сигнала выше стандартного допуска 100 мВ на 14 дБ (в пять раз). Однако усиление УПЧ уменьшится "на финишной прямой" только на 3 дБ, и очень сильные сигналы имеют малые искажения. В стандартной схеме это не пригодится, но это интересный вариант для сложных приёмников, так как обеспечивает ДД от 20 мкВ (шум) до 500 мВ — это 88 дБ при своей глубине АРУ на 62 дБ в УПЧ.

Такой расширенный режим АРУ в УПЧ сильно зависит от напряжения питания и при входном сигнале размахом 500 мВ нужно подавать напряжение АРУ 970/1010/1060/1110 мВ при напряжении питания 5/5,6/7/9 В, и без стабилизированного напряжения питания такую систему не реализовать. В таком режиме создаётся правильное продолжение штатной части характеристики АРУ с искажениями явно менее –60 дБ при входном сигнале размахом 100 мВ. Такая чистота сигнала приятна на слух при приёме мощных сигналов, так как отсутствует на слух интермодуляция внутри канала приёма, и шумовая дорожка глубоко подавлена, субъективно АМ-приём станет бесшумным.

8. Взаимодействие УВЧ и УПЧ по АРУ

УВЧ и УПЧ связаны двумя каналами передачи сигнала — это радиосигнал в одну сторону и встречный сигнал АРУ. Нужно сначала всё выстроить правильно для мощного и слабого уровня сигналов и предполагать при этом верную работу АРУ. Изначально определить для ВЧ-узла, будет ли он работать в односигнальной ситуации или при хаотично меняющейся многосигнальной обстановке. От этого зависит, как стыковать выход смесителя с ПЧ-фильтром, какие резервы по размаху напряжения оставить, каким должно быть

напряжение питания, с каким усилением передавать сигнал от антенны через ВЧ-узел к УПЧ.

8.1. АРУ от АМ-демодулятора

При ожидаемой многосигнальной ситуации нужно обеспечить заметную селективность от антенны к входу УВЧ, чтобы отсечь значительную часть сигналов КВ-диапазона. К примеру, если применить в УВЧ контур с нагруженной добротностью Q = 50, то в диапазоне 31 метр получается полоса пропускания 180 кГц и количество сигналов уменьшится до 25...30 % по средней статистике. Поэтому есть основания предположить, чтобы КВ-приёмники на ИМС К174ХА2 работали с двумя добротными контурами между антенной и входом ВЧ-узла этой ИМС.

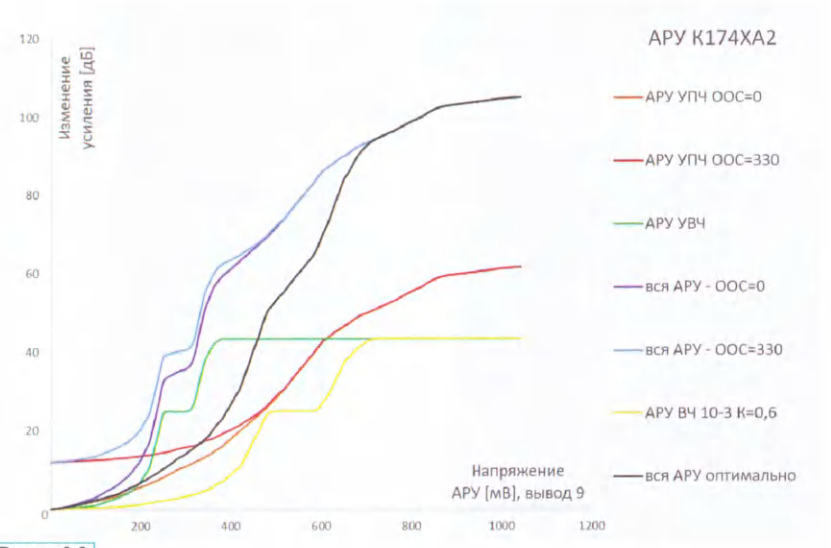


Рис. 44

АРУ в составе ИМС К174ХА2 позволит адаптировать радиотракт к разным задачам. На диаграмме, приведённой на **рис. 44**, указаны характеристики АРУ в УПЧ с ООС (330 Ом, красная кривая) и без ООС (коричневая кривая), как они были измерены ранее (см. рис. 4). Если соединить выводы 3 и 9 напрямую, АРУ в ВЧ-узле управляется в соответствии с зелёной кривой. Если подавать сигнал на вывод 3 через вывод 10 по стандартной схеме, эта характеристика будет смещена немного вправо, но суть мало меняется. Даже при подаче сигнала через резистивный делитель 1,8 кОм/8,2 кОм (согласно документации) разница будет несущественная. Всегда образуется общая характеристика АРУ в виде фиолетовой или голубой кривой с огромными перепадами по крутизне АРУ на порядок. Это равносильно тому, что в такой же мере поменять конденсатор в АРУ, чтобы оставить скорость реакции АРУ постоянной. Тем не менее, такую характеристику нам предлагают для простых приёмников. К сожалению, это нужно потому, что в начале характеристики стремительно закрывается УВЧ и при этом в разы увеличивается допустимый размах сигнальной смеси от антенны. Особенно критично получается перепад крутизны АРУ в голубой кривой с ООС на выводе 11, и поэтому этот вариант с ООС не предлагается в документации.

В приёмнике Grundig R-1140 применяется почти прямое соединение выводов 3 и 10, на выводе 11 есть цепь ООС (120 Ом), и это уже компромисс. По АМ-тракту этот приёмник не высокой категории, даже по меркам начала 1980-х годов, только со встроенной антенной работает хорошо. В приёмниках "Салют-001" и "Радиотехника Т-7111" со сложной схемой АРУ и с активными детекторами АРУ постарались уже при слабых сигналах уменьшать усиление УВЧ. От этого приёмники менее страдают от интермодуляции на КВ, но не во всех ситуациях, так как сигнал АРУ вырабатывается после канальной селекции.

Намного лучше получается общая характеристика АРУ, если с вывода 10 подавать напряжение АРУ на вывод 3 через делитель с $K_{ПЕР}$ = 0,6 (чёрная кривая). В этом случае плато в характеристике АРУ от УВЧ (режим 2) совмещается с самым крутым участком характеристики АРУ от УПЧ (оранжевая и коричневая кривые в сумме). На протяжении 70 дБ получается относительно равномерная крутизна, заход в АРУ длинный с умеренным набором крутизны. Такой приёмник будет работать менее "нервозно" при сигнальных перепадах, конденсатор сглаживания в АРУ можно подбирать оптимальным. Такая АРУ хороша, когда приёмная ситуация односигнальная или не ожидается экстремально мощных сигналов от местных передатчиков. Установка цепи ООС на выводе 11 не портит динамику АРУ.

8.2. АРУ в УВЧ от выхода смесителя

Смысл отсоединить АРУ в ВЧ-узле от АРУ в УПЧ состоит в том, что при приёме слабого сигнала в АРУ от УПЧ вырабатывается слабый сигнал АРУ, а для АРУ в УВЧ вообще ничего не вырабатывается. В это время в плотно занятом КВ-диапазоне могут присутствовать несколько мощных сигналов, которые превышают суммарно допустимый размах на входе УВЧ (8...19 мВ при полном усилении), и это вызывает значительный уровень широкополосных интермодуляционных шумов, способных закрыть полезный слабый сигнал. Во многих приёмниках с заметно ограниченным ДД предусмотрено ручное регулирование усиления УВЧ (RF-Gain) либо предлагается входной аттенюатор. А можно вырабатывать сигнал АРУ от выхода смесителя, где имеется ещё широкий ПЧ-спектр с участием многих входных сигналов.

Недостаток в схемах из документации на эту тему состоит в том, что применяется колебательный контур с настройкой на ПЧ (450...465...500 кГц) с ограниченной полосой пропускания. Поэтому такая АРУ в УВЧ "прощупывает" не весь спектр сигналов, которые попадают на вход УВЧ, а только малую часть, чем такой вариант в целом бесполезен, и в практических схемах за десятилетия её практически не заметить.

Если использовать выходы смесителя раздельно, один из них можно использовать для подачи сигнала в тракт ПЧ, а второй выход нагрузить ПЧ-фильтром полосой пропускания 100...200 кГц. Примерно такой полосой обладают входные КВ-фильтры на входе приёмника, и опасный входной спектр полностью переносится в широкий ПЧ-спектр для работы АРУ.

Всё хорошо получится, если построить однодиапазонный КВ-приёмник, тогда можно на выходе смесителя установить LC-контур с настройкой на высокой зеркальной ПЧ. Такой контур имеет широкую полосу пропускания, поэтому будут детектироваться все вредоносные сигналы. Нужно соблюдать симметрию смесителя и гетеродина, чтобы вторая гармоника гетеродина не запустила работу АРУ.

Не стоит подобную АРУ в УВЧ "раскрутить" дальше плато (260...320 мВ, режим 2) с глубиной до 26 дБ, так как иначе слишком сильно ухудшается чувствительность из-за воздействия побочных сигналов. Для расчётов предполагается предельно сигнальный ток размахом 200 мкА из одного выхода смесителя.

Для широкополосной АРУ стоит выбрать большую инерционность, чтобы не получить странный эффект управления громкостью "чужой рукой", при котором загадочно резко меняется усиление от некоторого мощного сигнала. Инерционность должна быть в 3...5 раз больше, чем в АРУ для УПЧ. Для радиовещательного приёмника это правильно и легко реализуемо. Для радиолюбительского приёмника это малопригодно, так как сигнальная ситуация может быстро изменяться, поэтому нужен отдельный усилитель АРУ с быстрой реакцией на появление сигнала и умеренно медленной реакцией при исчезновении мощного сигнала, который часто один на диапазоне.

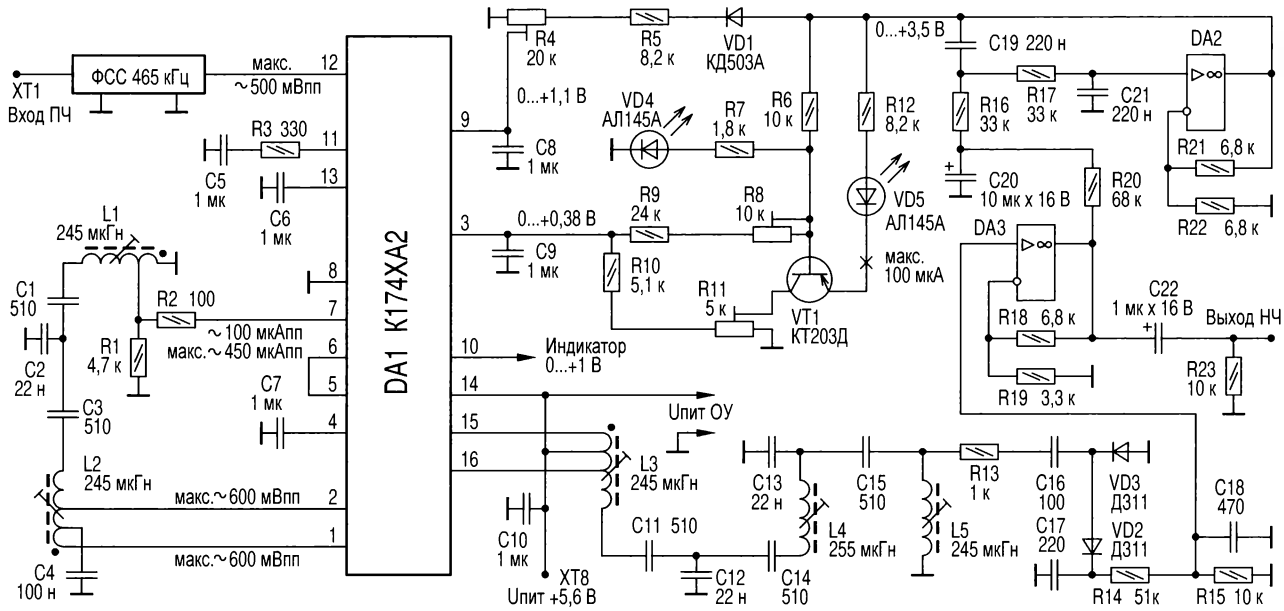


Рис. 45

9. "Большой" УПЧ и перестановка узлов

Если на основе ИМС К174ХА2 построить целиком "большой" двухсекционный УПЧ, то целесообразно поменять местами узлы УВЧ и УПЧ местами, это решит несколько проблем. В большинстве случаев шумовые свойства УПЧ достаточны, а если нет, можно добавить малошумящий усилитель.

Использование ВЧ-узла в качестве выходного УПЧ-каскада выгодно тем, что его нагрузочная способность по току в шесть раз больше, чем можно получить от вывода 7. К тому на выводах 15 и 16 допускается сигнал размахом по напряжению в 1,5...5 раз больше, в зависимости от напряжения питания.

Такой УПЧ можно в расширенном режиме АРУ использовать качественно до входного сигнала размахом 500 мВ, что всего на 8 дБ отстаёт от предельных возможностей ВЧ-узла при том же качестве. Недостаток малой крутизной АРУ при большом уровне сигналов можно компенсировать работой АРУ в ВЧ-узле в режиме 3.

Такой двухсекционный УПЧ может качественно обеспечить в односигнальной обстановке сигнальную динамику от шума размахом 20 мкВ до 500 мВ (88 дБ с АМ). Подразумевается, что перед таким УПЧ нужен солидный ПЧ-фильтр, который примерно на те же 90...100 дБ подавляет соседние каналы. Можно между секциями ИМС установить полосовой фильтр, который заодно устранит широкополосный шум. Чтобы такое сработало, нужно обеспечить передачу сигнала выходного тока размахом 450 мкА на выводе 7 и входной сигнал размахом по 600 мВ на выводах 1 и 2. Нет особого смысла добиваться размаха сигнала по 1250 мВ на выводах 1 и 2, так как это уже создаст искажения с уровнем –40 дБ к выводам 15 и 16.

На **рис. 45** показана схема "большого" УПЧ, конденсаторы С8 и С9 устраняют НЧ-шум в АРУ, на динамику АРУ не влияют. Входной ФСС (ПКФ) должен иметь высокое качество, содержать не менее семи резонаторов и обеспечивать подавление соседних каналов не менее чем на 60 дБ, желательно 80...90 дБ. Хорошо себя показали изделия серии ФП1П1-60-02, идеально сработала сборка из двух таких ПКФ при их прямой стыковке.

Резистором R3 (0...330 Ом) можно изменять усиление УПЧ для стыковки по ДД с входными узлами приёмника и ООС смягчит заход первой секции в процесс АРУ. Гетеродинный узел деактивирован (выводы 4, 5, 6), крутизна ВЧ-узла составляет 36 мА/В к выводам 15 и 16. Двухконтурный фильтр на высокодобротных КПИ L1, L2 ($Q_0 > 200$) оптимально пропускает АМ-сигналы без подавления полезного спектра и предотвратит перегрузку второй секции УПЧ и демодулятора от широкополосных шумов. Этот фильтр можно улучшить, применив качественный ПКФ с малым затуханием, и упростить входной ПЧ-фильтр. Отвод у КПИ L1 сделан от 30...50 % обмотки от холодного конца. Примерно столько витков имеет симметричная часть у КПИ L2 к выводам 1 и 2.

На выходе ВЧ-узла сигнал отбирается симметрично к трёхконтурному фильтру демодулятора, катушка L3 имеет симметричную часть, подключённую к выходу смесителя по 33 % витков и 34 % витков от горячего конца. В данном примере всё сделано для радиовещательного приёма при напряжении питания +5,6 В, на демодуляторе образуется размах сигнала в интервале 1...7 В. Для радиовещательных приёмников не стоит стремиться к абсо-

лютно стабильной громкости на выходе, от этого устаёт слух при длительном прослушивании. КПИ должны быть с большими магнитопроводами и добротностью не менее 200. Можно от КПИ L5 со слабой связью отводить сигнал к узлу демодуляторов SSB/CW/NBFM.

Вспомогательные узлы на двух ОУ DA2, DA3 (LM158, К544УД8) упростят формирование АМ-аудиосигнала при большом соотношении сопротивления резисторов R14/R15 для получения малых искажений, усиление K = 3 определяется соотношениями сопротивлений резисторов R18 и R19. RC-цепь R20C20 задаёт основную инерционность системы АРУ (постоянная времени — 680 мс), и это оптимально для качественного АМ-приёма в приёмнике с ручной аналоговой перестройкой частоты. На ОУ DA2 собран ФНЧ с частотой среза 30 Гц для устранения низкочастотных аудиосигналов в АРУ, чем обеспечивается на аудиовыходе в НЧ-спектре искажения ниже –50 дБ. Для связной аппаратуры можно подобрать конденсаторы в 3...5 раза меньшей ёмкости для частоты среза 90...150 Гц и обеспечить быструю реакцию АРУ на сигналы SSB и CW. В этой части можно добавить узлы для оптимальной АРУ при приёме SSB/CW. На выходе ОУ DA2 имеется напряжение АРУ в интервале 0...3,5 В, и последующий нелинейный узел организует правильную подачу сигналов АРУ на выводы 3 и 9.

АРУ работает поэтапно. Первым стремительно вступает в действие АРУ в ВЧ-узле по его режиму 1, так как ИК-диод VD4 этому не мешает до напряжения +0,95 В. Поэтому напряжение на выводе 3 стремительно доходит до +230...240 мВ (устанавливают резистором R8) и потом плавно доходит до +250 мВ в завершении режима 1. Далее из-за действия резистора R7 образуется медленный прирост напряжения до 320 мВ на выводе 3, АРУ в режиме 2 не меняет усиление ВЧ-узла. При этом работает АРУ в УПЧ-узле. К концу вступают в действие транзистор VT1 и ИК-диод VD5, и при мощном сигнале в ВЧ-узле будет режим 3, когда к выводу 9 поступит сигнал АРУ в интервале +0,8...+1,05 В.

К выводу 10 подключается стрелочный индикатор, через него допускается ток до 300 мкА, и получается практически логарифмическая шкала S-метра, только слабые сигналы плохо отображаются. Лучше бы брать сигнал на индикатор с выхода ОУ. Этот УПЧ страдает от резких "переломов" в характеристике АРУ ВЧ-узла. В схеме на **рис. 46** это устранено, образуются мягкие переходы, и ещё устранён температурный дрейф. Напряжение сигнала АРУ будет в интервале 0...3 В, что позволит применить ОУ серии LM158 при напряжении питания +5 В.

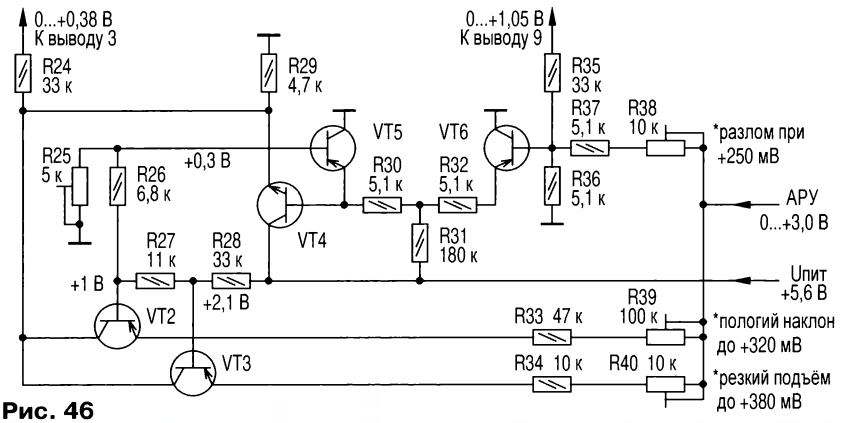


Рис. 46

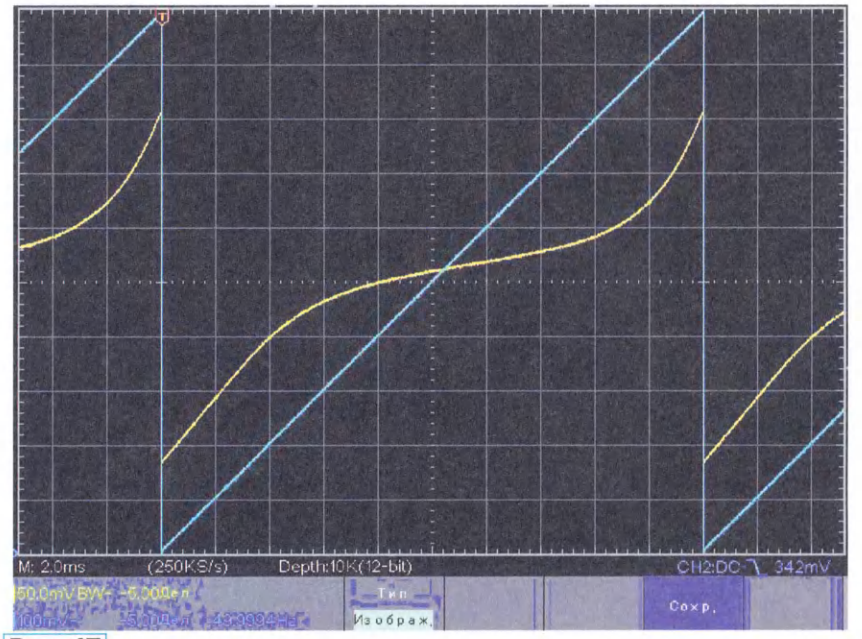


Рис. 47

Работу АРУ поясняет характеристика, показанная на **рис. 47**, которая является обратной внутренней характеристике АРУ ВЧ-узла (см. рис. 4). Отображаются напряжение на выводе 3 (жёлтая кривая, масштаб — 50 мВ/дел.) и напряжение на базе транзистора VT6 в интервале 0...1 В, которое подаётся таким же на вывод 9 (голубая кривая, масштаб — 100 мВ/дел.).

Сначала работают повторителями только транзисторы VT6 и VT4, и АРУ в ВЧ-узле непосредственно работает в режиме 1, напряжение на выводе 3 растёт пропорционально входному напряжению АРУ (0...+3 В). Так как транзистор VT4 "запускается" от малых токов, а у транзистора VT6 ток почти не меняется, на выводе 3 сигнал появится от уровня сигнала 80 мВ, и АРУ сразу отзывается в ВЧ-узле. При этом АРУ в УПЧ-узле из-за ООС на выводе 11 реагирует слабо. Транзистором VT5 организуется ограничение, и при подаче напряжения +250 мВ на вывод 3 крутизна передачи в разы меньше, что смягчит выход АРУ из режима 1 на плато (режим 2). Далее наступает жёсткое ограничение с помощью транзистора VT5, и напряжение на выводе 3 больше не меняется. Затем действует транзистор VT2, который обеспечит пологий рост до напряжения 320 мВ на выводе 3, чтобы в УВЧ обеспечить закрывание межэмиттерного диодного узла даже при мощных радиосигналах. На конечном этапе плавно запускается режим 3 в АРУ ВЧ-узла, сработает транзистор VT3 и выправит общую характеристику АРУ встречно к характеристике АРУ внутри ИМС. В итоге получается

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

очень равномерная характеристика АРУ по всей сигнальной динамике.

10. Заключение

Глубокий анализ ИМС К174ХА2 показал её профессиональный класс, реализуемый путём несложных модификаций давно известных и популярных схем. Много из вышеотмеченного можно применить к подобным ИМС, а также к более современным высокочастотным ИМС. И в наше время документация ИМС ориентирована на коммерческую оптимизацию и не всегда отражает все возможности изделий. В этом радиолюбители могут продолжать давнюю традицию, найти передовые решения для сложных задач вне массовой коммерции.

От редакции. Дополнительные справочные материалы находятся по адресу ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/rpu-6.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вышла в свет новая книга

Бакулин М. Г,. Бен Режеб Т. Б. К., Крейнделин В. Б., Миронов Ю. Б., Панкратов Д. Ю., Смирнов А. Э.

Мобильная связь на пороге 6G / Под редакцией доктора техн. наук, проф. В. Б. Крейнделина.— М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 248 с.: ил. ISBN 978-5-9912-1088-1.

Описаны основные технологии, которые развиваются в настоящее время в рамках исследований по системам 6G. Изложены общие сведения о системах мобильной связи 6G, кратко рассмотрено применение методов машинного обучения в системах связи, дан краткий анализ проблемы организации связи в терагерцовом диапазоне частот, описаны возможности применения атмосферной оптической связи в системах 6G, рассмотрена проблема определения местоположения объектов в этих системах, дан сравнительный анализ различных технологий обработки сигналов в системах со многими несущими, даны общие сведения о различных методах неортогонального множественного доступа (NOMA). Кроме того, рассмотрена проблема совместного применения технологии NOMA и технологии многоантенных систем MIMO.

Для широкого круга читателей — научных работников, инженеров-разработчиков систем связи, специалистов в области инфокоммуникаций, будет полезна студентам и аспирантам соответствующих специальностей.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции

А. ГАВРИЛОВ, г. Таллинн, Эстония

Используя современные элементы Холла, можно весьма просто измерять значительную магнитную индукцию постоянных магнитных полей. В статье [1] была описана простая приставка к цифровому мультиметру для измерения магнитной индукции до 1 Тл. В качестве датчика Холла использовался элемент THS144.

В предлагаемой статье приведён усовершенствованный вариант подобной приставки. Во-первых, в этом варианте применён элемент Холла THS103A фирмы Toshiba, который, согласно справочным данным, имеет линейную характеристику (линейную зависимость выходного напряжения элемента от магнитной индукции) вплоть до значений магнитной индукции 1,5...1,6 Тл [2]. Во-вторых, для автономности измерений вместо блока питания с выходным напряжением 5 В, который использовался в качестве источника, в приставке применены два гальванических элемента по 1,5 В каждый. И, наконец, введена регулировка нуля при отсутствии заметного магнитного поля, что помогает упростить измерения слабых магнитных полей и уменьшить погрешность этих измерений.

Схема приставки крайне проста (**рис. 1**). Для включения и контроля напряжения питания, а также переключения приставки в положения "Контроль" и "Измерение" используются сдвоенные выключатель и переключатель. Выключателем SA1 включают и выключают приставку. Переключатель SA2 используется для контроля напряжения питания приставки и для измерения магнитной индукции.

При включении приставки напряжение 1,5 В подаётся на вход преобразователя A1, повышающего напряжение до 5 В. Этот DC-DC-преобразователь работает при входном напряжении 0,9...5 В, т. е. практически до полной разрядки источника питания. Например, использованный преобразователь имел при входном напряжении 1,5 В на нагрузке 100 Ом выходное напряжение, равное 4,87 В, которое при снижении напряжения питания до 1,1 В снижалось до 4,85 В, т. е. всего лишь на 0,4 %.

Выход преобразователя нагружен на два сопротивления. Первое — подстроечный резистор R1. Поскольку он используется при первоначальной точной регулировке, то применён десятиоборотный подстроечный резистор. Второе сопротивление — входное сопротивление элемента Холла (выводы 1—3). Выходное напряжение с элемента Холла (выводы 2—4) в положении переключателя "Измерение" подаётся на вход цифрового мультиметра. Выводы элемента THS103A располагаются в таком же порядке, как и у датчика THS144 [1].

Для налаживания приставки необходимо иметь источник постоянного магнитного поля с известной индукцией, желательно не менее 200 мТл. Здесь подойдёт, например, цилиндрический неодимовый магнит с точно измеренной на торце магнитной индукцией [1]. Регулировкой подстроечного резистора R1, изменяя входное напряжение элемента Холла (его выходное напряжение прямо пропорционально входному), добиваются,

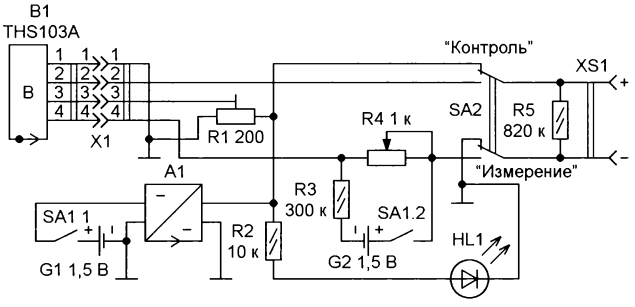


Рис. 1

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

чтобы выходное напряжение в вольтах, фиксируемое цифровым мультиметром, равнялось бы известной магнитной индукции в теслах. В нашем конкретном случае при полном напряжении на подстроечном резисторе 4,87 В это достигалось при входном напряжении на элементе Холла, равном 4,14 В. При такой регулировке будет действительным соотношение $U_{вых}$ (В) = k • B (Тл), где $U_{вых}$ (В) — напряжение в вольтах, фиксируемое мультиметром; B (Тл) — магнитная индукция в теслах; k — коэффициент пропорциональности, равный 1 В/Тл.

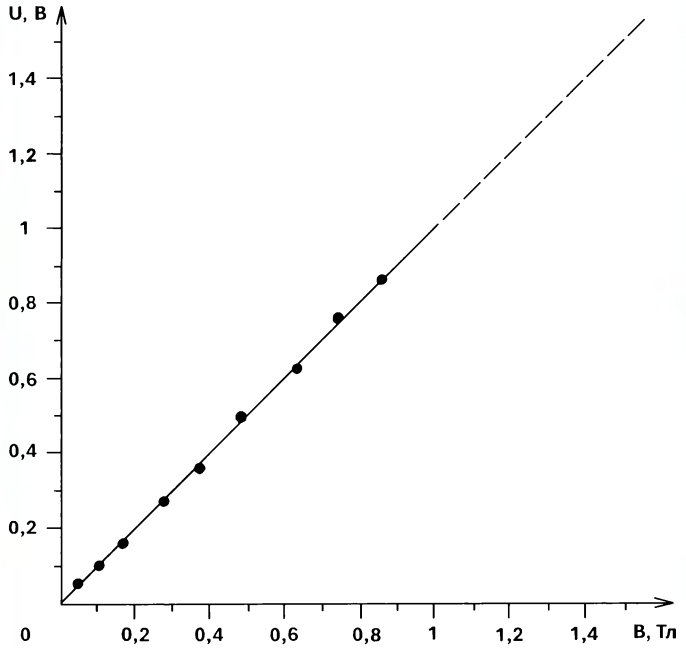


Рис. 2

Таким образом, измеренное мультиметром напряжение в вольтах будет численно равно магнитной индукции в теслах или измеренное напряжение в милливольтах будет соответственно равно магнитной индукции в миллитеслах. При отсутствии магнитного поля на выходных контактах элемента Холла имеется небольшое, так называемое остаточное напряжение, обусловленное обычно неполной симметричностью выходных (холловских) контактов на плоскости элемента. В моём случае это напряжение было равно 1,2 мВ — это как бы соответствует магнитной индукции 1,2 мТл. Поэтому при измерении слабых магнитных полей со значениями магнитной индукции, меньшими, чем ≈ 40 мТл [1], для уменьшения погрешности измерения нужно проверять с целью компенсации остаточного напряжения установку нуля при отсутствии заметного магнитного поля.

Регулировка нуля производится переменным резистором R4 в реостатном включении. В моём случае при остаточном напряжении 1,2 мВ регулировкой можно было изменять показания мультиметра при отсутствии магнитного поля в пределах −1,1...+1,1 мВ. В случае использования конкретного экземпляра THS103A могут потребоваться подборка резистора R3 и изменение направления тока в нём. Поскольку ток регулировки нуля очень мал, источник напряжения в этой цепи может быть маломощным, например "пуговичная" батарея AG13 или LR44. В цепи питания элемента Холла нужно использовать более мощные источники тока, например гальванические элементы типоразмера AA или AAA. В заключение можно ещё отметить, что магнитная индукция поля Земли имеет значение, меньшее, чем 0,1 мТл, так что при измерениях учитывать её нет необходимости.

На **рис. 2** приведено экспериментальное сравнение измеренных с помощью предлагаемой приставки холловского напряжения и магнитной индукции, определённой магнитометром (тесламетром) SJ200. Из графика видно, что численно измеренные значения напряжения в вольтах и магнитной индукции в теслах практически совпадают. Это сравнение проведено до значения магнитной индукции 0,85 Тл. К сожалению, автор не располагал источником магнитного поля с большей, чем это значение, индукцией. Однако основываясь на справочных данных датчика Холла THS103A, можно утверждать, что это совпадение будет действительно и до значений магнитной индукции 1,5...1,6 Тл.

Приставка собрана в алюминиевом корпусе (**рис. 3**). Датчик TH103A расположен на полоске из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Толщина полоски с приклеенным датчиком не превышает 2,3 мм, так что индукцию поля можно измерять в довольно узких пространствах. Сама полоска длиной приблизительно три сантиметра вклеена с помощью эпоксидной смолы в пустой корпус от авторучки с внешним диаметром 8,5 мм. С приставкой датчик соединяется четырёхжильным кабелем диаметром 4,5 мм и четырёхконтактным коаксиальным разъёмом.

Рис. 3

ЛИТЕРАТУРА

1. **Гаврилов А.** Измерение магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне 0...1 тесла. — Радиолюбитель, 2025, № 2, с. 22—24.

2. THS103A Datasheet (PDF) — Toshiba Semiconductor. — URL: **alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1918593/TOSHIBA/THS103A.html** (16.04.25).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Ремонт мультитестера ТС1

Ю. БУЛЫЧЕВ, г. Омск

В радиолюбительской среде популярны так называемые многофункциональные тестеры (мультитестеры) — серия измерительных приборов, родоначальником которых считается "Мультитестер ЭРЭ с AVR микроконтроллером и минимумом дополнительных элементов", авторы Markus Frejek, Karl-Heinz Kubeller и Markus Reschke [1, 2]. Этот прибор оказался настолько популярен, что изготовлением его клонов занялась и промышленность, в частности КНР. Одним из владельцев такого прибора (**рис. 1**, **рис. 2**) однажды стал и автор, и, по большому счёту, не имел к нему претензий.

Рис. 1

Но ничто не бывает вечным, и прибор автора постигла та же участь, что и судьба таких же приборов других пользователей — он вышел из строя. Причём сначала по неизвестной причине перестал работать режим измерения напряжения стабилитрона, а спустя время вышел из строя и МК, возможно, вследствие подключения на измерительные входы не полностью разряженного оксидного конденсатора. Судя по публикациям в Интернете, например [1], автор столкнулся с типовым случаем, последствия которого оказались тоже типовыми — прибор придётся выкинуть, так как он оказался построен на МК серии ATP32F17, который мощнее и, скорее всего, качественнее, но, во-первых, его ещё надо где-то купить и, во-вторых, надо найти или изготовить соответствующий программатор и получить бесплатно соответствующую среду для разработки программы. Но даже удача в этих поисках вряд ли поможет, поскольку прошивка МК наверняка защищена, а взять её, кроме как у изготовителя конкретного прибора, негде. В то же время многие годы существует открытый проект с множеством версий и модификаций от упомянутых выше авторов [2, 3]. Последние версии этого проекта рассчитаны на применение МК серий

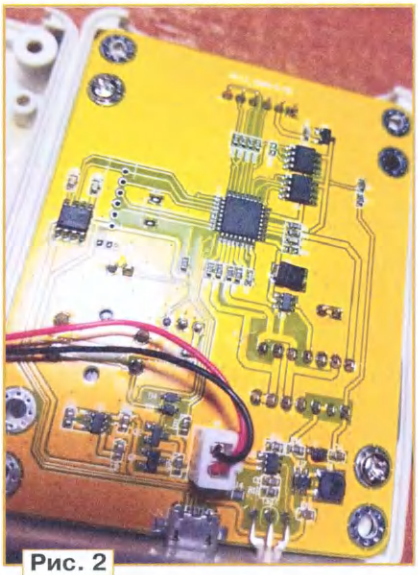


Рис. 2

ATmega328, ATmega324/644/1284 и ATmega640/1280/2560, благодаря чему и возникла идея решить проблему ремонта вышедшего из строя прибора путём самостоятельной разработки и изготовления платы с применением МК указанных серий и элементов, установленных на плате вышедшего из строя прибора. При этом учитывался тот фактор, что цены на мультитестеры имеют тенденцию к снижению, поэтому затраты на комплектующие надо свести к минимуму — МК Atmega328P плюс, в случае необходимости, несколько дешёвых элементов.

Для решения указанной задачи автором по печатной плате была восстановлена принципиальная схема мультитестера ТС1, которая в авторском варианте показана на **рис. 3**, а затем на её основе разработана схема нового варианта мультитестера. На схеме использованы зарубежные обозначения элементов, чтобы упростить их перенос со старой платы на новую плату. Следует отметить, что номиналы элементов носят ориентировочный характер, поскольку определены они по маркировке (указана на некоторых элементах).

Питание прибора осуществляется от Li-Po аккумулятора напряжением 3,7 В, подключённого к разъёму J6. Аккумулятор подключён к микросхеме контроллера зарядки U5 (серии TP4057), к которому подключён двухцветный светодиод D2 для индикации режима работы. Напряжение аккумулятора поступает также на узел запуска, построенный на транзисторах Q1 и Q2, диодах D3 и D4 и кнопке K1. Узел запуска обеспечивает полное обесточивание устройства до тех пор, пока пользователь не нажмёт на кнопку K1, подключая этим затвор транзистора Q1 к общему проводу. Вследствие этого этот транзистор открывается, подавая на узлы устройства напряжение аккумулятора, которое, в свою очередь, поступает на повышающие стабилизаторы напряжения U2 и U7. Микросхема серии LP3210 (U2) редко применяется в радиолюбительских конструкциях, в отличие от широко распространённых преобразователей на накопительном дросселе. Этот повышающий стабилизатор работает по принципу вольтодобавки за счёт зарядки/разрядки накопительного конденсатора, обеспечивая при этом выходной ток, позволяющий его использовать для питания устройств на МК. Удобство применения преобразователя очевидно — он работает напрямую от Li-Po аккумулятора, и ему требуются всего лишь три дешёвых внешних элемента — конденсаторы ёмкостью около 10 мкФ. Единственное ограничение — нежелательность применения оксидных конденсаторов, которое легко выполнимо при использовании конденсаторов для поверхностного монтажа.

Напряжение 5 В с выхода стабилизатора U2 запитывает микроконтроллер U1 и другие элементы. Повышающий преобразователь напряжения U7 формирует напряжение около 30 В для обеспечения измерения параметров стабилитронов. После подключения тестируемого стабилитрона благодаря отрицательной обратной связи по току через него обеспечивается ток, не зависящий ни от параметров стабилитрона, ни от напряжения питания преобразователя U7. И всё было бы хорошо, но разработчик заложил в устройство воз-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

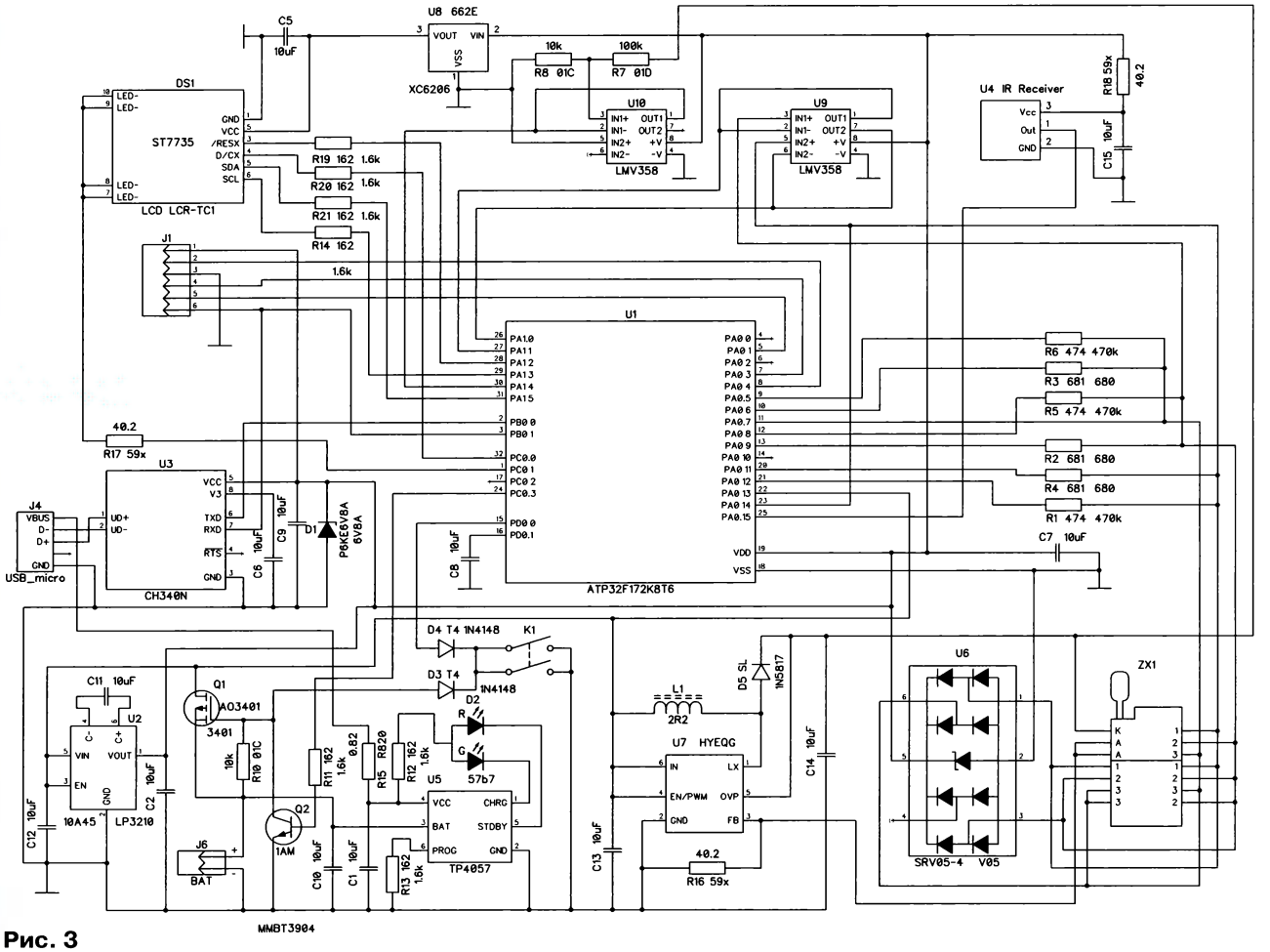


Рис. 3

можность совершения грубой ошибки. Если сначала подключить стабилитрон, а затем включить кнопкой прибор, то всё работает идеально, а вот подключение стабилитрона к уже включённому прибору приводит к выходу из строя диода D5 и микросхемы и U7 из-за того, что допустимое входное напряжение на входе FB микросхемы U7 составляет всего лишь около 4 В. К примеру, если мы попытаемся подключить стабилитрон с номинальным напряжением 5,1 В к включённому прибору, в этот момент на вход FB будет подано напряжение около 25 В! Такая неисправность — одна из распространённых для описываемой модели мультитестера, и Интернет содержит различные рекомендации по "лечению" прибора в виде замены диода D5 и установки последовательно с измеряемым стабилитроном резистора номиналом около 10 кОм. Это "лечение", как правило, успешно, что связано с тем, что микросхема U7 сохраняет работоспособность в качестве повышающего преобразователя напряжения, теряя при этом цепь обратной связи и работая вследствие этого на полную мощность . В результате вместо узла со стабилизированным током через стабилитрон мы получаем более простой, но, тем не менее, вполне работоспособный измеритель напряжения стабилитрона, подключённого к источнику напряжения немногим более 30 В через резистор 10 кОм. Точность такого измерителя, конечно, снижается, но, как говорится, на безрыбье и рак рыба.

Почти сразу же после подачи питающего напряжения на МК U1 встроенная в него программа блокирует отключение питания при отпускании кнопки K1 путём подачи открывающего напряжения на базу транзистора Q2 через резистор R11. После исполнения заданной пользователем функции прибор выключается нажатием на ту же кнопку. Состояние этой кнопки контролирует МК и через диод D4 считывает её состояние.

Режим измерения напряжения аккумулятора реализован за счёт измерения напряжения на стоке транзистора Q1. Несмотря на то что такой вариант несколько снижает точность измерения, он гораздо лучше часто используемого в некоторых клонах подачи на АЦП МК напряжения аккумулятора напрямую или через высокоомный резистивный делитель напряжения. Это связано с тем, что при обесточенном МК поданное на вход АЦП МК напряжение батареи поступает на его линию питания через встроенный в МК защитный диод. Это если не включит прибор самопроизвольно, то вполне может не дать МК возможности выключить его.

На микросхеме U3 выполнен преобразователь USB/TTL. Очевидно, что разработчик предусматривал возможность обновления прошивки МК через USB-порт. В этом случае следует отметить, что в некоторых клонах этого прибора присутствует ещё один МК серии STC15L104W, о роли которого идут споры. Опыт автора однозначно свидетельствует, что подозрения в обязательной необходимости этого МК в узле запуска прибора необоснованны, хотя в некоторых клонах его и используют вместо транзисторов Q1 и Q2. Гораздо более вероятен вариант защиты процесса обновления в тех случаях, когда выходы преобразователя USB/TTL идут через этот МК. Тем

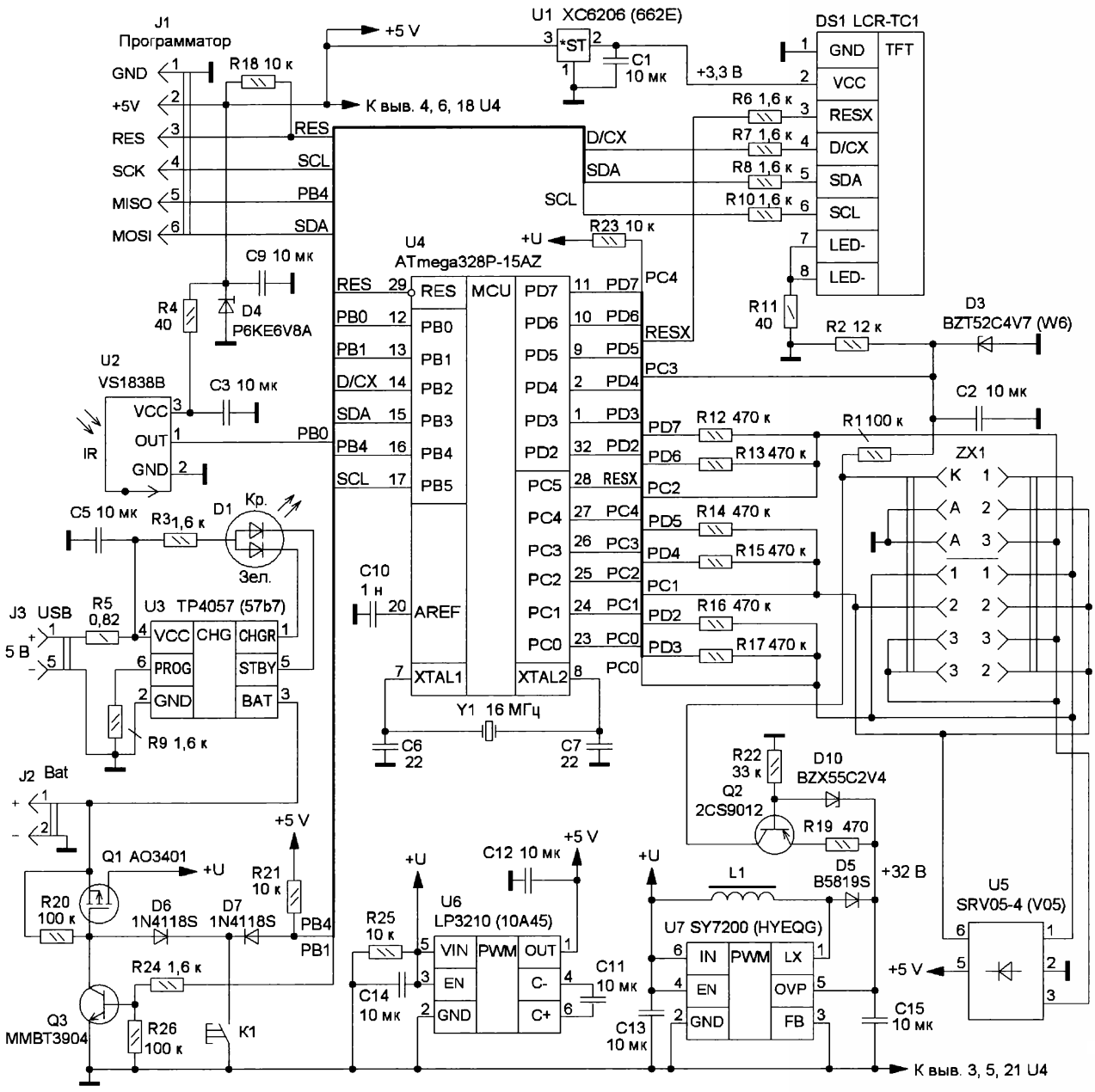


Рис. 4

не менее, участия МК серии STC15L104W в оригинале программного обеспечения Markus [3, 4] не обнаружено.

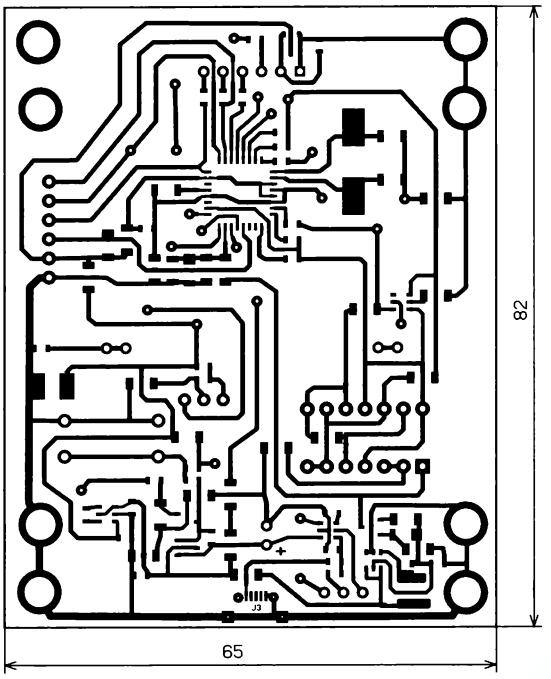
Смысл применения супрессора D1 для автора остался не совсем понятен, так как появление напряжения, превышающего 5 В, маловероятно. ЖКИ серии ST7735 запитан напряжением 3,3 В от стабилизатора напряжения U8. В качестве преобразователя уровня использованы резисторы R14, R19—R21.

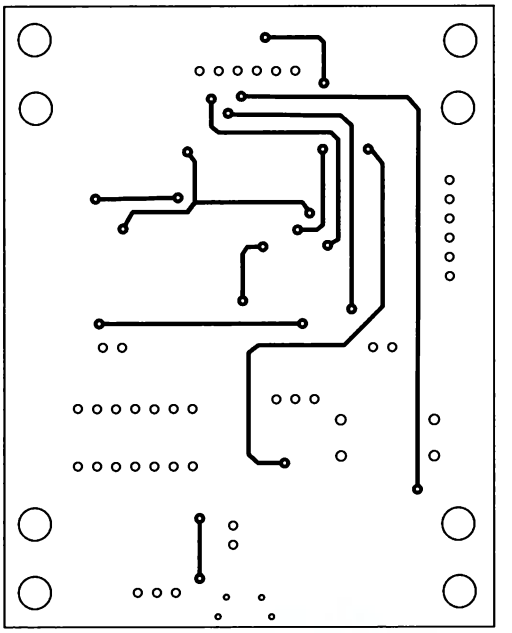
ОУ U10, скорее всего, служит для уменьшения влияния входного сопротивления АЦП МК U1 на точность измерения напряжения стабилизации стабилитрона, смысл применения ОУ U9 для автора остался невыясненным. Сигнал приёмника ИК-излучения U4 поступает на вход МК.

Назначение диодной сборки U6 очевидно — защита МК и входов его АЦП от превышения максимально допустимого напряжения. Столь же очевидна и его бесполезность, так как всю свою историю МК мультитестеров как выходили из строя, так и продолжают выходить при подключении к ним не полностью разряженных конденсаторов. По сути само техническое решение является прямым следствием нерешённости этой проблемы.

Схема разработанного прибора показана на **рис. 4**. Следует учесть, что некоторые элементы на схеме (и в устройстве) отсутствуют (D2, D8, D9, R18,C8). Узел запуска полностью повторяет узел запуска на оригинальной плате, за исключением добавления резистора R26, который желателен в связи с тем, что в момент между нажатием на кнопку и фактическим запуском МК база транзистора Q3, по сути, "висит в воздухе". Схема подключения стабилизатора напряжения 5 В U6 оставлена без изменений, а вот схема повышающего напряжения (+32 В) изменена, так как автору не удалось избежать "выгорания"

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru





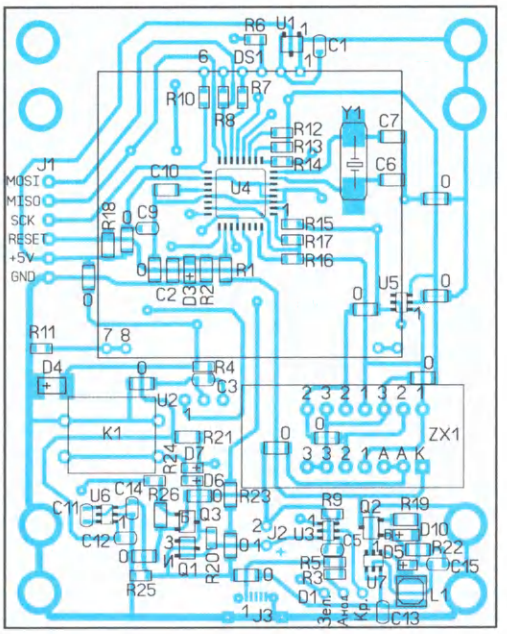


Рис. 5

Рис. 6

диода D5 и выхода из строя входа FB микросхемы U7. Но в отличие от общепринятого решения проблемы путём использования резистора для обеспечения тока через стабилитрон, автор предпочёл простейший стабилизатор тока на транзисторе Q2, стабилитроне D10 и резисторах R19 и R22. В целях обеспечения стабильности работы преобразователя напряжения на микросхеме U7 её вход FB соединён с общим проводом. Напряжение с тестируемого стабилитрона поступает на АЦП МК через делитель напряжения R1R2, выполненный согласно рекомендациям авторов проекта мультитестера. От возможности прошивки МК через USB-порт автор отказался в связи с тем, что в проект мультитестера МК заложена прошивка через USB ASP, в связи с чем на плате предусмотрен типовой разъём для подключения этого программатора. ЖКИ запитан аналогично оригиналу от стабилизатора напряжения U1, в качестве преобразователей уровней используются резисторы, что, согласно мнению авторов проекта, нежелательно из-за снижения быстродействия передачи сигналов. Эта рекомендация обоснована, поскольку фронты импульсов с резисторными преобразователями действительно сильно затянуты, но, исходя из максимальной минимизации расходов на ремонт мультитестера, автор улучшать схему не решился.

При отладке конструкции автор обнаружил, что повышающий преобразователь на 32 В потребляет такой же ток, как и остальные узлы, что весьма нерационально с точки зрения расхода энергии аккумулятора, поскольку на практике измерение параметров стабилитрона производится гораздо реже, чем использование остального функционала мультитестера. Очевидно, что именно по этой причине в одном из клонов прибора, с обозначением MF9, разрешение на работу этого преобразователя обеспечивается программным способом. Так как в проекте этой функции ещё нет, автор считает допустимым ввести включение этого преобразователя аппаратно с помощью малогабаритного переключателя или кнопки. Два ОУ LMV358, как и USB/UART конвертер CH340N, в новом варианте отсутствуют.

Несложно заметить, что новая схема во многом повторяет схему оригинала на ОУ ATP32F172, и это не случайность — таким образом автор попытался уйти от проблем, связанных с налаживанием, причём вместе с переносом микросхем осуществлялся и перенос их обвязки. Это означает, что не только сами радиодетали, но и их расположение и ориентация на печатной плате по возможности максимально повторяют конструкцию мультитестера TC1. По возможности потому, что исходная плата оригинала — четырёхслойная, что для радиолюбителя пока практически недоступно. Авторская плата выполнена на двухстороннем стеклотекстолите толщиной 1,5 мм (**рис. 5**), но при этом на нижней стороне активно используются перемычки в виде резисторов с нулевым сопротивлением (на плате они имеют обозначение R0), что позволяет уменьшить число проводников на верхней стороне платы. Для обеспечения геометрической точности расположения кнопки, ЖКИ, колодки подключения ZX1 (ZIF), удобно использовать плату оригинала как кондуктор.

Так как целью автора была не разработка очередного клона, а ремонт вышедшего из строя мультитестера, был использован открытый проект Component-Tester-1.53m и проведено его налаживание согласно рекомендациям разработчиков. Исключение составило исправление ошибки в виде неправильной инициализации порта PC5, из-за чего вход RESX ЖКИ постоянно находился в высокоимпедансном состоянии, что, в свою очередь, приводило к неработоспособности ЖКИ. Во многих клонах эту проблему решали иначе — установкой подтягивающего к напряжению питания резистора, что обеспечивало работоспособность ЖКИ, но без предварительного сброса. При копировании настоящего проекта следует иметь в виду, что ошибка инициализации порта PC5 автором была устранена только для версии, приложенной по ссылке в конце статьи.

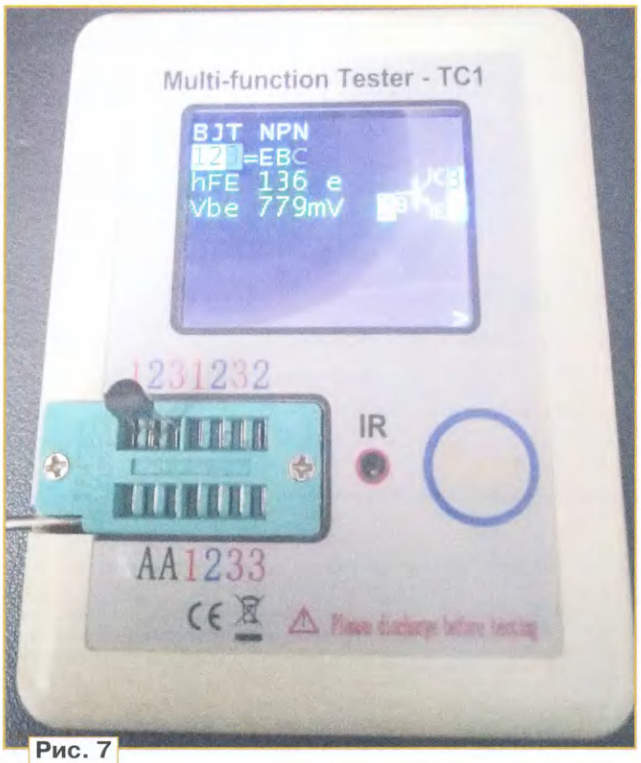


Рис. 7

Рис. 8

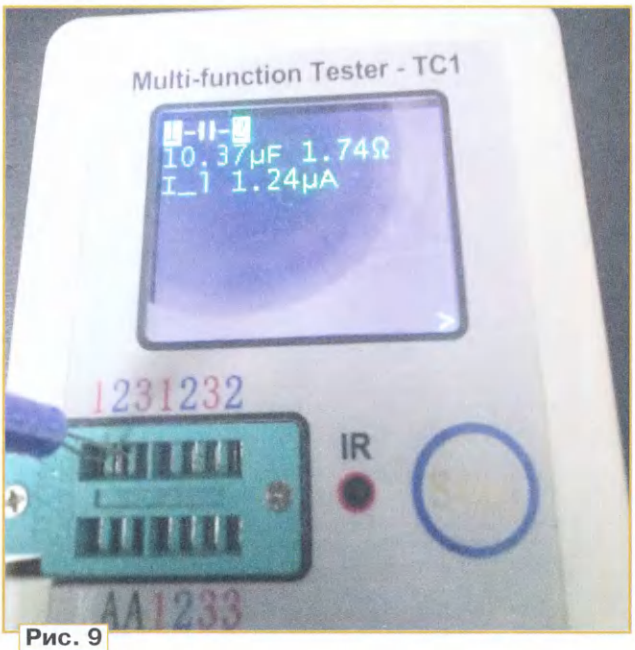


Рис. 9

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Открытый проект ComponentTester-1.53m выполнен под makefile, т. е. под ОС Linux. Использование таких проектов под Windows возможно, но весьма трудоёмко, и, самое главное, из-за того, что профессионалы не работают с makefile под Windows, радиолюбитель рискует столкнуться с невозможностью получения квалифицированной помощи, убив в результате уйму времени. Автор, имея весьма поверхностные познания о Linux, тем не менее, решил пойти по другому пути, а именно: установил первую же попавшуюся на глаза виртуальную машину Ubuntu и не пожалел об этом, так как всевозможные сообщения об ошибках легко решались поиском в Интернете, а пользователи Linux оказались на редкость доброжелательными людьми. В результате автор получил работающий пакет виртуальной машины, в которой оказалось очень удобным отлаживать проект, компилировать его и тут же прошивать МК, для чего оказалось достаточным знание всего двух команд: make clean и make upload. Тем не менее, радиолюбителям, не считающим нужным дорабатывать проект по своему вкусу или переводить его на более свежие версии, будет вполне достаточным прошить МК программатором AVRDUDESS, так как готовые файлы прошивки с расширениями **hex** и **eep** находятся в приложенном пакете.

Вместо МК серии Atmega328P можно использовать МК серии Atmega328PB без каких-либо доработок платы и программы, не забыв только указать марку МК для программатора как в AVRDUDESS, так и в проекте makefile, при этом изменять тип процессора для компилятора не нужно.

На **рис. 6** показан разобранный отремонтированный мультитестер, а на фото **рис. 7—рис. 9** — демонстрация его работы по измерению параметров транзистора, резистора и конденсатора соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спалил транзистор тестер ТС1. — URL: **https://clck.ru/3LQL6x** (13.04.25).

2. Мультитестер ЭРЭ с AVR микроконтроллером и минимумом дополнительных элементов. — URL: **https://vrtp.ru/index.php?showtopic=26994** (13.04.25).

3. ComponentTester-1.53m.tgz. — URL: **https://github.com/madires/Transistortester-Warehouse** (13.04.25).

4. ComponentTester-1.53m.tgz. — URL: **https://github.com/kubi48/TransistorTester-source/tree/master/Markus** (13.04.25).

От редакции. *Файлы проекта и чертёж печатной платы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/TC-1.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru

т. +7-912-619-5167

* * *

Лето. Наши цены в отпуске.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

Модернизация "домашнего доктора"

А. ДЫМОВ, г. Оренбург

Речь пойдёт о виброакустическом лечебном аппарате "Витафон" (**рис. 1**), улучшающем микроциркуляцию крови, которым пользуюсь уже почти 25 лет. Не буду здесь обсуждать эффективность аппарата, думаю, что срок эксплуатации говорит о многом. За это время самым слабым местом аппарата оказались шнуры, которые в основном обрывались около корпуса виброфонов. После нескольких ремонтов наступил предел возможностей аппарата, далее необходима была только замена виброфонов или полная утилизация аппарата.

Отдельные виброфоны со шнурами нашлись в Интернете, они имеют возможность подключаться к аппарату с помощью встроенных разъёмов, что даёт возможность их быстрой замены при обрыве шнуров. Уже виделась возможность лёгкой модернизации аппарата за счёт добавления разъёмов без значительных переделок. Однако оказалось, что типовые виброфоны имеют суммарное сопротивление около 270 Ом, при этом новые имеют суммарное сопротивление около 45 Ом. Естественно, это создавало определённые трудности и поставило под сомнение возможность лёгкой модернизации аппарата.

Рис. 1

Ознакомившись с возможностями предлагаемых для покупки современных обновлённых аппаратов, которые имеют отдельный сетевой источник электропитания и соединение виброфонов с аппаратом без разъёмов, пришёл к выводу, что модернизация старого аппарата с возможностью расширения сервисных возможностей позволяет получить компактный, на современном уровне, аппарат.

В результате модернизации был получен аппарат с таймером обратного отсчёта с максимальной установкой времени процедур до 99 мин. Процедур-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

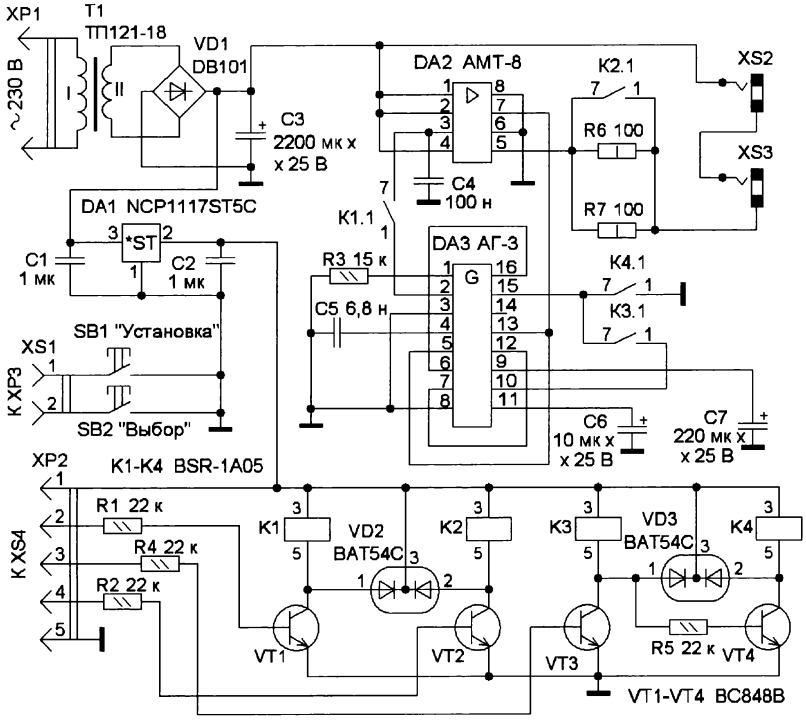


Рис. 2

ный процесс при необходимости можно остановить в любое для пользователя время и затем продолжить без потери установленных параметров. Во время остановки можно изменить время и режим и продолжить процедуру с вновь установленными параметрами. Для установки аппарата в исходное состояние достаточно кратковременно отключить его от сети 230 В. Если посмотреть схему исходного аппарата (файл "Витафон" на сайте журнала), то по сравнению с новой схемой (**рис. 2—рис. 4**) аппарат значительно усложняется. Но такая переделка того стоит, когда реально ознакомишься с его сервисными возможностями во время процедур.

Конструктивно схема аппарата состоит из трёх отдельных узлов. Это виброгенератор (рис. 2) с усилителем сигнала, источником электропитания, реле и кнопками управления режимами, устройство управления (рис. 3) и индикатор (рис. 4). Штатный понижающий трансформатор Т1 был заменён другим такого же типа, но с меньшим выходным напряжением, так как вновь используемые виброфоны с меньшим сопротивлением, соответственно необходима и меньшая амплитуда выходного напряжения. К тому же стабилизатор DA1 имеет ограничение по входному напряжению.

Ёмкость сглаживающего конденсатора С3 — компромисс между значением его ёмкости и габаритными размерами. Ёмкость должна быть максимальной, чтобы уровень пульсаций с частотой 100 Гц был минимален, иначе могут быть биения между этой частотой и частотой виброгенератора аппарата, которые могут неприятно ощущаться на слух. В то же время габаритные размеры конденсатора не должны выходить за допустимые пределы на плате и по высоте. Элементы R3, C5—C7 заменены на элементы для поверхностного монтажа также из соображений габаритов.

Стабилизатор напряжения DA1 +5 В предназначен для питания МК, индикатора и реле. Микросхема генератора DA3 получает стабильное электропитание +9 В от усилителя — микросхемы DA2 (вывод 3) — через контакты реле К1.1, которые замыкаются при запуске процедур. Генератор представляет собой источник переменного напряжения качающейся частоты двух типов сигналов, которые задаются контактами реле К3.1, К4.1.

Сигнал с генератора DA3 поступает на вывод 7 усилителя напряжения DA2. Выходное напряжение усилителя поступает на разъёмы виброфонов XS2, XS3, которое в зависимости от выбранного режима поступает через контакты К2.1 или ослабляется дополнительным сопро-

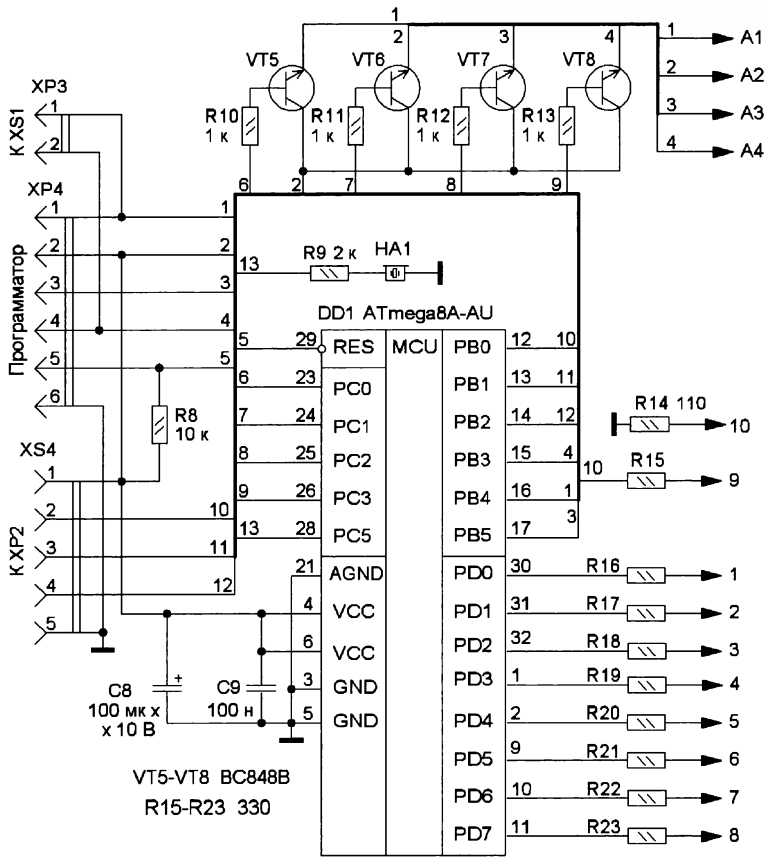


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 6, 2025

тивлением параллельно соединённых резисторов R6, R7. В зависимости от выбранного режима МК через разъём XP2 и транзисторы VT1—VT4 управляет переключениями реле K1—K4.

Кнопками SB1, SB2 осуществляется выбор времени и режимов процедур, а также их запуск и остановка. Последовательным нажатием на кнопку SB2 осуществляется выбор нужного индикатора, который отображается в виде точки, затем кнопкой SB1 осуществляется установка десятков и единиц минут, установка необходимого режима и запуск процедуры. Нажатие на кнопки сопровождается коротким звуковым сигналом. Кнопки подключаются к устройству управления через разъём XS1.

Устройство управления (см. рис. 3) на основе МК DD1 осуществляет динамическую индикацию времени и режимов с частотой обновления светодиодных индикаторов около 100 Гц. На один индикатор затрачивается 2,5 мс. Кроме того, устройство осуществляет переключение режимов, отсчёт времени процедур, обслуживает кнопки управления и формирует звуковые сигналы. Выбор индикатора для отображения осуществляется линиями PC0—PC3 МК через транзисторы VT5—VT8, которые подключают аноды индикаторов к напряжению +5 В.

Отображаемая информация в виде кода для цифрового индикатора выдаётся с линий портов PD0—PD6 на катоды индикаторов HG1 и HG2. Линия порта PD7 отображает в виде точки текущий выбор индикатора. Резисторы R14—R23 ограничивают токи через индикаторы. С линии порта PC5 осуществляется подача сигнала через резистор R9 на звуковой пьезоизлучатель HA1. К разъёму XP3 подключается разъём от кнопок управления, через разъём XP4 осуществляется программирование МК, к разъёму XS4 подключается виброгенератор для электропитания МК и для переключения реле. Индикатор (см. рис. 4) состоит из двух сдвоенных светодиодных цифровых индикаторов Kingbright, выбор которых обусловлен высокой яркостью при малом токе.

От старого аппарата использованы сам корпус и две микросхемы, микросхема генератора АГ-3 в корпусе DIP16 и усилителя AMT-8 в корпусе DIP8.

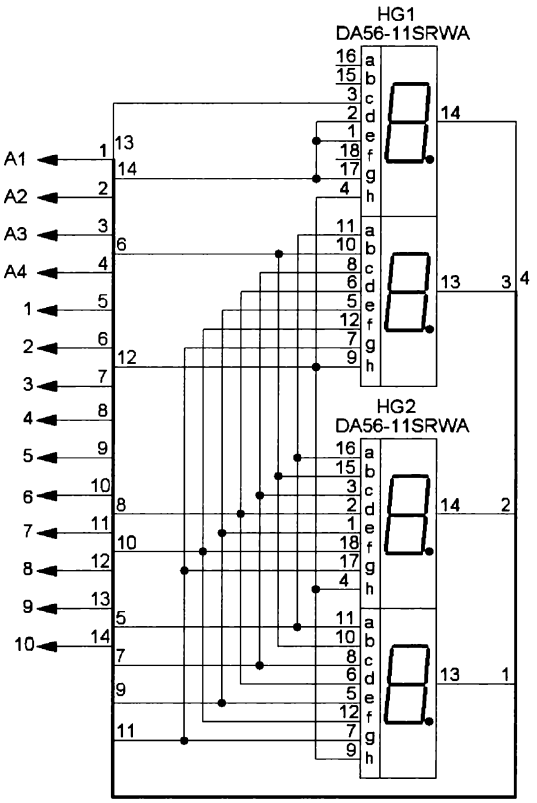


Рис. 4

Рис. 5

Эти микросхемы извлекают из старой платы самым аккуратнейшим образом, используя отсос для припоя. Конденсатор C3 — оксидный любого производителя, может использоваться даже большей ёмкости, лишь бы он помещался на плату и его высота не превышала 28 мм. Конденсаторы C6, C7 — танталовые серии TECAP типоразмера соответственно 6032 и 7343, конденсаторы C1, C2, C4, C5 — керамические типоразмера 0805. Резисторы R6, R7 — типоразмера 2512, остальные — типоразмера 1206. Транзисторы и диодные сборки — в корпусах SOT-23, стабилизатор DA1 — в корпусе SOT-223. Штыревой разъём XP2 — PLS-5, однорядный гнездовой разъём XS1 — BLS-2, он подключён к кнопкам управления с помощью шлейфа длиной около 100 мм (**рис. 5**). Гнёзда разъёмов XS2, XS3 — 3F07 CKX3-3,5-01, тактовые кнопки SB1, SB2 — SWT-2.

Все платы изготовлены из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Элементы виброгенератора размещены на плате, аналогичной по своим размерам штатной плате. Чертежи новой платы и схемы размещения на ней элементов показаны на **рис. 6** и **рис. 7**. Традиционно использовалась ЛУТ с термотрансферной бумагой и травлением плат в растворе перекиси водорода, лимонной кислоты и поваренной соли. После травления и зачистки сверлят все отверстия и где необходимо, устанавливают переходные отверстия, используя трубчатые медные заклёпки. Также рекомендуется использовать медные заклёпки подходящего диаметра и для выводов элементов, к которым затруднён доступ при пайке. Затем тщательно пропаивают все переходные отверстия и облуживают проводники и площадки. При необходимости с помощью отсоса припой удаляют из заклёпок, в которые будут установлены выводы элементов.

Установку элементов на плату проводят в любом порядке, кроме трансформатора, который

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

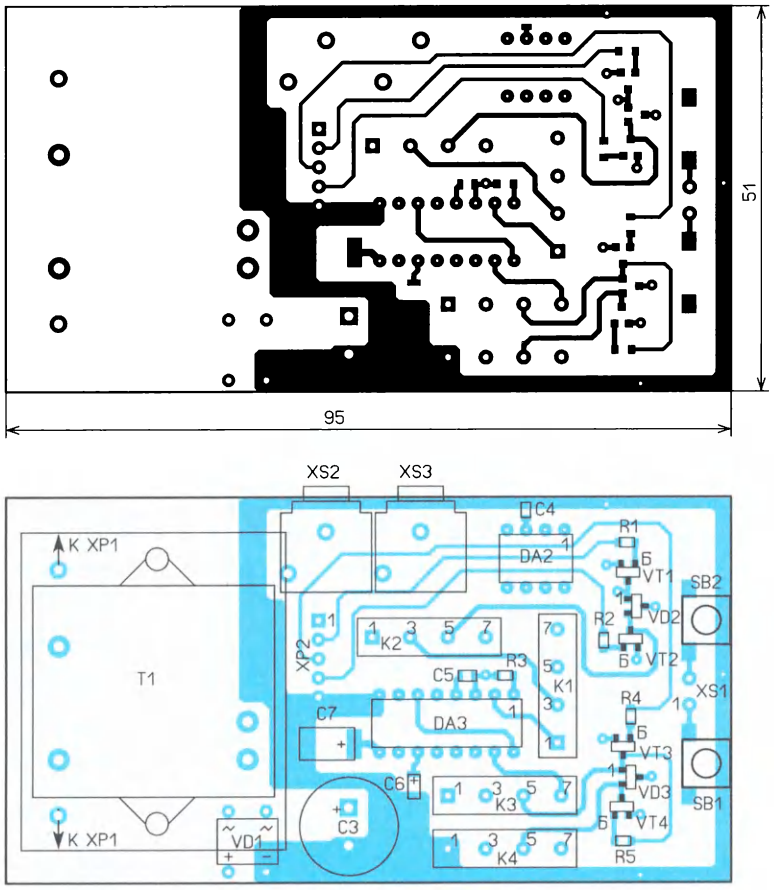


Рис. 6

корпуса аппарата для разъёмов XS2, XS3 виброфонов (см. рис. 5). Провода от сетевой вилки XP1 припаивают к контактным площадкам для первичной обмотки трансформатора на плате. Шлейф разъёма XS1 припаивают к плате, руководствуясь нумерацией контактов, указанной на плате.

Платы устройства управления и индикатора имеют одинаковые размеры — 40×50 мм, их чертежи и схемы размещения элементов показаны на **рис. 8** и **рис. 9** соответственно. Платы объединяются в единый блок, при этом устройство управления должно быть внутри корпуса аппарата, а индикатор — снаружи. Для электрического соединения плат с верхней и нижней сторон имеются контактные площадки, имеющие одинаковую нумерацию.

В состав устройства управления входят МК в корпусе TQFP, транзисторы в корпусе типа SOT-23, все резисторы — типоразмера 1206. Конденсатор C8 — танталовый серии TECAP типоразмера 7343, конденсатор C9 — керамический типоразмера 0805. Пьезоизлучатель HA1 с частотой резонанса 6,8 кГц — FT-20T-6,8A1. Штыревой разъём XP3 для подключения кнопок управления — PLS-2, двухрядный штыревой разъём XP4 для программирования — PLD-6. Разъём XS4 — BLS-5 припаян к плате

устанавливают в последнюю очередь. Для него по месту определяют и сверлят отверстия в плате для его крепления. В разъёмах XS2, XS3 перед установкой на плату бокорезами удаляются не используемые контакты. После пайки необходимо дополнительное крепление этих разъёмов к плате, потому что они подвержены значительным физическим нагрузкам при подключении и отключении виброфонов. Для этого использована крепёжная скоба из медного провода диаметром 1,5...2 мм, для которой с одной стороны в плате сверлят отверстие, в которое вставляют один конец скобы и загибают, а с другой стороны скобу с усилием прижимают к разъёмам и припаивают к общей шине (см. рис. 5).

Перед промывкой платы необходима защита контактов разъёма XP2, для этого на его контакты надевают отрезок пенопласта. После промывки цепи на плате проверяют на обрыв и замыкание с помощью омметра. Плата виброгенератора к корпусу аппарата не крепится, если её размеры выдержаны верно, она войдёт в своё гнездо. Далее намечают и вырезают овальное отверстие на обеих половинках

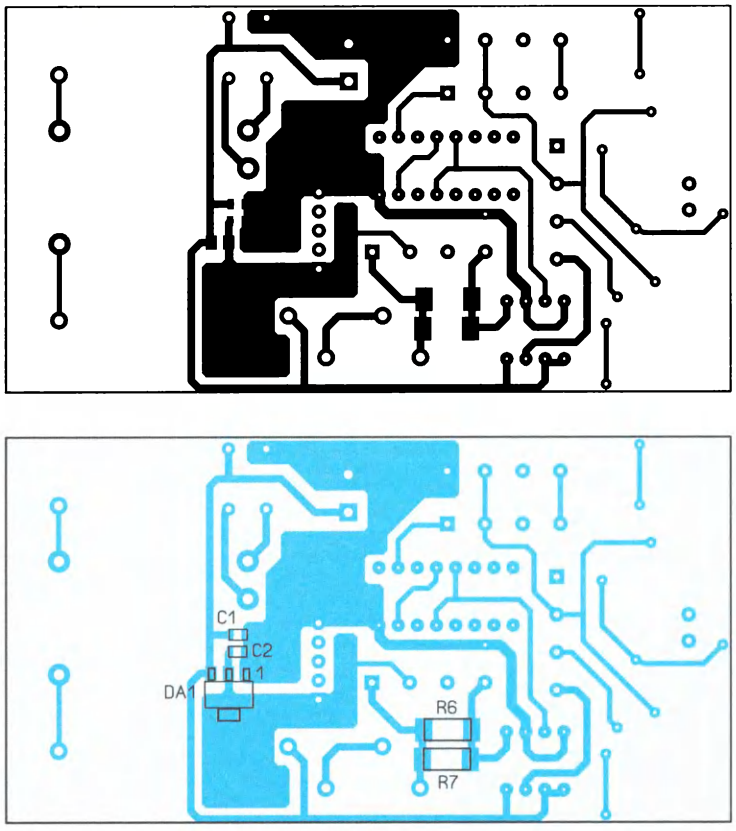


Рис. 7

с использованием шлейфа длиной около 100 мм.

После травления и зачистки плат сверлят и устанавливают переходные отверстия с использованием медных заклёпок диаметром 0,9 мм. Без этих заклёпок соответствующего размера на плате индикации не обойтись, потому что будут проблемы доступа электропаяльником к выводам индикаторов с верхней стороны платы. Далее тщательно пропаивают все переходы и облуживают все медные проводники и площадки. После промывки рекомендуется визуально осмотреть платы с помощью лупы на наличие дефектов и замыканий. Дело в том, что если после соединения этих плат между собой обнаружится дефект, исправить его будет не просто. При наличии опыта с помощью омметра возможна проверка работоспособности всех светодиодных индикаторов. Рекомендуется нанести маркировку первых выводов разъёмов на всех платах, для чего делается небольшое углубление в плате тонким сверлом и заполняется любым красителем.

Пайка компонентов производится в любом порядке. Там, где контакты разъёмов используются в качестве переходных, сначала пропаивают контакты с нижней стороны платы, затем отвёрткой колодку разъёма сдвигают вверх, пропаивают контакты с верхней стороны платы, и затем колодка разъёма осаживается до упора. Пьезоизлучатель HA1 припаивают к общему проводу с помощью медного одножильного провода достаточной жёсткости.

Для крепления платы индикации к корпусу по углам сверлят отверстия диаметром 1,5 мм на расстоянии 2,5 мм от краёв платы. По месту намечают отверстия на корпусе аппарата для крепления платы (**рис. 10**), которые сверлят сверлом диаметром 0,9 мм, и затем крепят её к корпусу винтами-саморезами диаметром 1 мм. Далее через отверстия контактных площадок намечают отверстия в корпусе аппарата для проводников соединения с платой устройства управления. Затем плату индикации снимают, сверлят намеченные отверстия для проводов произвольного диаметра. Провода из медного залуженного одножильного провода длиной не менее 50 мм припаивают к контактным площадкам по краю платы индикации, потому как более короткие провода создадут трудности при подключения к ним платы управления. Проводники вставляют в просверленные для них отверстия в корпусе аппарата и плату индикации крепят винтами-саморезами на корпусе окончательно.

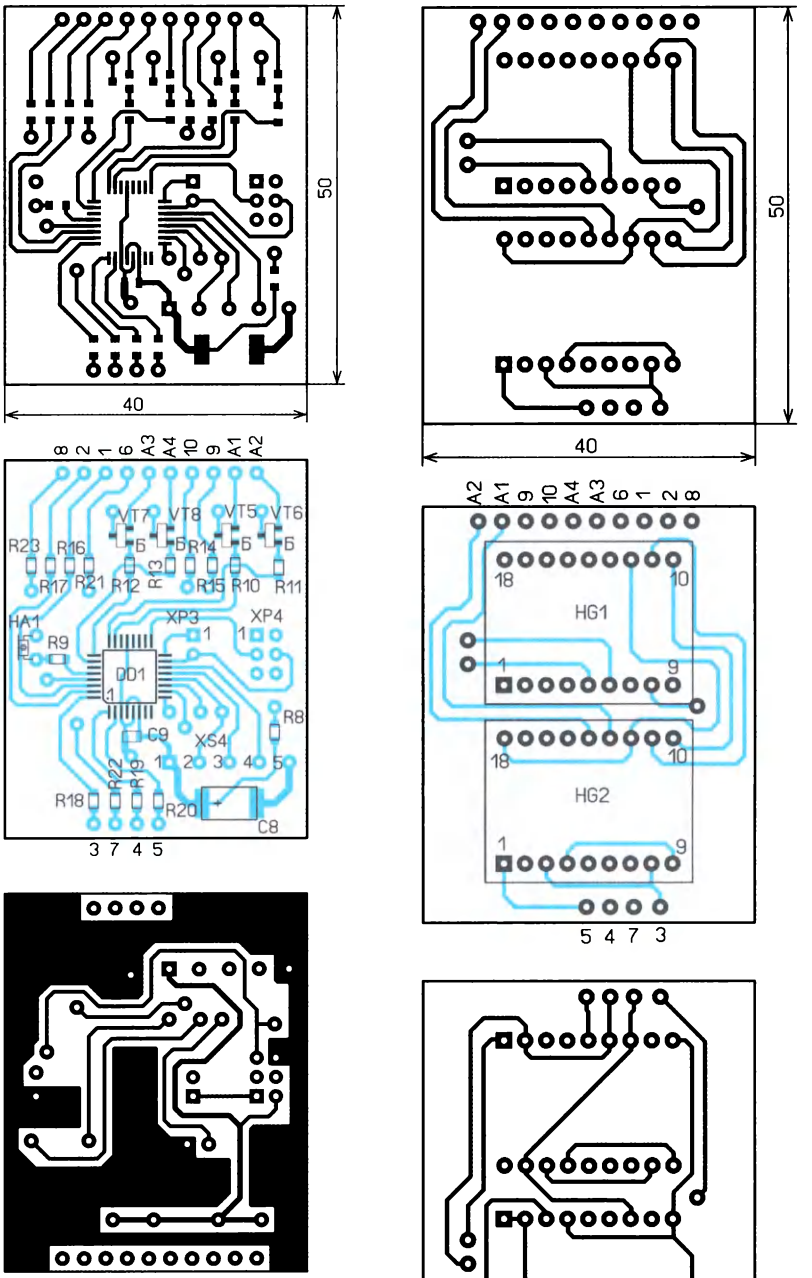


Рис. 8

Рис. 9

С внутренней стороны аппарата проводники от платы индикатора вставляют в соответствующие контактные площадки платы устройства управления. Затем плата управления осаживается до упора в корпус аппарата, проводники пропаивают на плате, излишки проводов обрезаются бокорезами. Для толкателей кнопок управления используются винты M2 длиной 12 мм, которые давят на кнопки, накручивают резьбовые втулки с предварительным нанесением на резьбу быстро сохнущей краски для фиксации. В качестве направляющих для толкателей кнопок использовались резиновые амортизаторы с трубчатой шайбой от CD-проигрывателей. Резиновые втулки амортизаторов плотно входят в отверстия квадратной формы, которые ранее предназначались для переключателей режимов (см. рис. 5).

Необходимо помнить, что перед подключением аппарата к сети 230 В виброфоны обязательно подключают к разъёмам XS2,

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

XS3 и отключают только после отключения аппарата от сети. При отсутствии проблем на плате виброгенератора виброфоны подключают к разъёмам XS2, XS3 и, пока не подключая разъёмы XS1, XS4, аппарат подключают к сети 230 В. Необходимо произвести измерения постоянных напряжений с помощью мультиметра, используя в качестве общего провода медное покрытие около конденсатора C3 с верхней стороны платы. Измеряют напряжение на выводах 1 и 2 микросхемы DA2, которое должно быть не менее +12 В, на выводе 3 микросхемы DA2 должно быть напряжение около +9 В, на выводе 1 разъёма XP2 должно быть напряжение около +5 В. Аппарат отключают от сети 230 В и подключают разъёмы XS1, XS4 к разъёмам XP3, XP2 соответственно, не закрывая пока корпус аппарата.

Рис. 10

Перед тем как загружать программу в МК, необходимо учесть следующее. В разъёме программирования XP4 устройства управления на контакт 2 подано напряжение +5 В, которое поступает в программатор для согласования уровней напряжения программирования. Эту функцию согласования поддерживают не все старые программаторы, некоторые через этот вывод осуществляют электропитание программируемого устройства. Поэтому необходимо принять меры для исключения подачи одновременно двух напряжений. Используя имеющиеся программные и аппаратные средства программирования с интерфейсом SPI, программатор подключают к разъёму XP4 на плате устройства управления и аппарат подключают к сети 230 В.

Сначала программируют fuse биты в соответствии со списком ниже:

BODLEVEL=0; пороговое напряжение BOD 4 В;

BODEN=0; разрешение работы BOD;

SUT1=1; максимальная длительность задержки сброса;

SUT0=0;

CKSEL3=0; внутренний RC-генератор 8 МГц;

CKSEL2=1;

CKSEL1=0;

CKSEL0=0;

RSTDISBL=1; вывод сброса включён;

WDTON=1; сторожевой таймер отключён;

SPIEN=0; разрешение программирования по интерфейсу SPI;

CKOPT=1; внутренний конденсатор отключён;

EESAVE=1; разрешение стирания EEPROM;

BOOTSZ1=1; определение размера загрузчика;

BOOTSZ0=1;

BOOTRST=1; вектор сброса в начале памяти программ.

В папке "Программа" выбирают файлы **Vitafon_M.hex** и **Vitafon_M.eep** или единый файл **Vitafon_M.elf** и загружают в МК. Если всё в аппарате исправно, на индикаторе отображается информация по умолчанию (см. рис. 10) с выводом звукового сигнала, где **15.** — время процедуры 15 мин, **1** — режим 1, **о.** — процедура остановлена. Аппарат отключают от сети 230 В, отключают программатор и корпус аппарата окончательно закрывают.

Аппарат снова подключают к сети 230 В для проверки работоспособности, при этом виброфоны уже должны быть подключены. Справа расположена кнопка "Выбор", а слева — кнопка "Установка". Нажатием на кнопку "Выбор" убеждаются в перемещении точки для выбора нужного индикатора и формировании короткого звукового сигнала. Устанавливают выбор на индикаторе отображения единиц минут и нажатием на кнопку "Установка" убеждаются в установке значений минут от 0 до 9, затем устанавливают значение 5 на этом индикаторе.

Кнопкой "Выбор" выбирают индикатор десятков минут и с помощью кнопки "Установка" устанавливают значение десятков минут от 0 до 9, затем устанавливают значение 0 на этом индикаторе. Кнопкой "Выбор" выбирают индикатор режимов и кнопкой "Установка" устанавливают значение от 1 до 4, затем устанавливают значение 1 на этом индикаторе. Кнопкой "Выбор" выбирают индикатор запуска процедуры, виброфоны располагаются так, чтобы не были направлены друг на друга и нажимают на кнопку "Установка". Индикация **о.** изменяется на мигающую индикацию **с.**, а виброфоны будут формировать начальный низкочастотный звуковой сигнал. Повторным нажатием на кнопку "Установка" убеждаются в остановке процедуры, затем следующим нажатием процедура запускается вновь.

Ждут изменения минут на значение 4, затем кнопкой "Установка" процедуру останавливают, кнопкой "Выбор" активируют индикатор режимов, кнопкой "Установка" устанавливается режим 2, кнопкой "Выбор" перемещаются на индикатор запуска процедур и кнопкой "Установка" процедура запускается. Мощность звукового сигнала в виброфонах должна значительно возрасти. Аналогичным способом проверяют работу аппарата в режимах 3 и 4. Далее запускают процедуру в любом режиме до истечения оставшегося времени, по окончании которого аппарат отключается и отображается информация по умолчанию. Теперь аппарат готов к применению в соответствии с прилагаемой к нему инструкцией и, как говорится, будьте здоровы!

От редакции. *Файлы для программирования микроконтроллера, чертежи печатных плат и схема оригинального аппарата находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/vita.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Простой счётчик моточасов для бензогенератора

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

Частые перебои с электроэнергией в нашей местности привели к покупке комбинированной электростанции на основе бензогенератора. Руководство по эксплуатации рекомендует производить замену масла через каждые 100 ч работы. Многие пользователи не придерживаются этого регламента, что значительно сокращает срок службы генератора. Вести учёт времени вручную хоть и несложно, но очень неудобно. Нужно постоянно записывать время сеанса, а затем производить подсчёт общего времени наработки. И главное, не потерять эти записи. Конечно, существуют генераторы со встроенным счётчиком моточасов. Но стоимость их, как правило, больше.

Выход из этой ситуации — изготовить счётчик моточасов (или моточасы) самостоятельно. В наличии были микроконтроллер (МК) серии ATmega8 в корпусе DIP28 и трёхразрядный цифровой светодиодный индикатор, которого достаточно для отображения времени 100 ч. Поскольку пришлось делать очень быстро, был использован навесной монтаж.

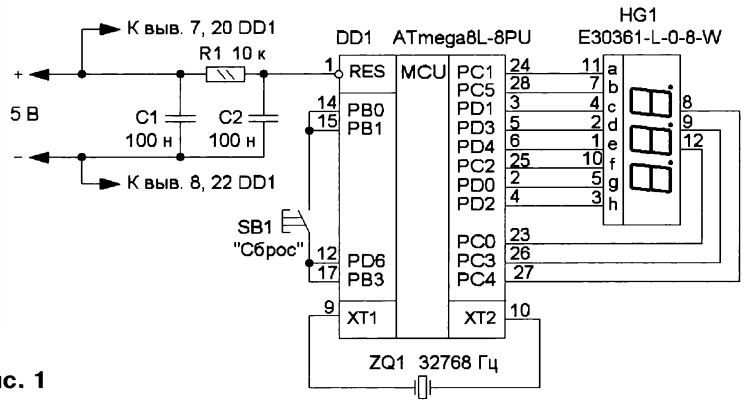


Рис. 1

Схема моточасов показана на **рис. 1**. Трёхразрядный светодиодный индикатор напрямую, без токоограничивающих резисторов, подключён к выводам МК. Такое техническое решение неприемлемо в профессиональных изделиях, но довольно часто встречается в любительских конструкциях. Мой многолетний опыт эксплуатации изделий с таким подходом ни разу не привёл к выходу из строя ни МК, ни индикатора. Часовой кварцевый резонатор ZQ1 на частоту 32768 Гц обеспечивает формирование стабильной тактовой частоты.

Информация о наработке периодически (раз в минуту) записывается в энергонезависимую память МК. Чтобы увеличить ресурс памяти, новое значение времени записывается в следующую ячейку памяти. При заполнении ячейки с максимальным номером происходит переход на первую. Таким образом, время наработки сохраняется для следующего сеанса работы. Для исключения порчи данных при записи должен быть активирован встроенный детектор напряжения на 4 В. Чтобы обнулить информацию о времени наработки, необходимо до включения моточасов нажать на кнопку SB1 и затем включить бензогенератор. Программа во время своего старта определит нажатие на кнопку и очистит энергонезависимую память МК.

Алгоритм отображения наработанного времени следующий. До 10 ч время отображается в формате часов с разделительной точкой, после которой — десятки и единицы минут. От 10 ч до 100 ч отображаются десятки и единицы часов, после разделительной точки — десятки минут. При этом разделительная точка мигает раз в секунду. Свыше 100 ч формат: сотни, десятки и единицы часов с разделительной точкой. Раз в секунду мигают все цифры, сигнализируя о том, что пора менять масло.

Необходимые для кварцевого резонатора внутренние конденсаторы подключены с помощью установки фьюзов (**рис. 2**). Резистор — любой малогабаритный, например МЛТ, С2-23 или импортный, конденсаторы — К10-17 или импортные, кнопка — любая малогабаритная с самовозвратом и длиной толкателя 2...3 мм.

Программа для МК написана на Bascom-avr версии 2.0.8.1. После настройки периферии и объявления переменных на индикатор выводится заставка в виде бегущей точки. Затем проверяются нажатие на кнопку и сброс моточасов в ноль при положительном результате. В ос-

Chip	
Name	MEGA8
Calibration 0	B6
Calibration 1	B4
Calibration 2	B0
Calibration 3	B1
Lockbits	FF
Lockbit 65	11:No restrictions for SPM or LPM accessing the boot loader section
Lockbit 43	11:No restrictions for SPM or LPM accessing the application section
Lockbit 21	11:No memory lock features enabled for parallel and serial programming
Fusebits	04
Fusebit C	0:BODLEVEL 4.0V
Fusebit B	0:BODEN enabled
Fusebit KLA987	000100:Int. RC Osc. 8 MHz
Fusebits High	D9
Fusebit High M	1:PIN PC6 is RESET
Fusebit High J	1:WDT enabled by WDTCR
Fusebit High I	0:SPI enabled
Fusebit High H	1:CKOPT 1
Fusebit High G	1:Erase EEPROM when chip erase
Fusebit High FE	00:1024 words boot size, C00
Fusebit High D	1:Reset vector is $0000

Рис. 2

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

новном цикле программы каждую минуту происходит подсчёт времени наработки и осуществляется запись в энергонезависимую память МК. Затем подготавливаются данные для отображения на светодиодном индикаторе. В прерывании нулевого таймера осуществляется динамическая развёртка. Первый таймер подсчитывает импульсы тактовой частоты и программно формирует секунды, минуты и часы. Это делает сама среда Bascom-avr при указании в настройке таймера Config Clock = Soft. Исходный код снабжён комментариями,

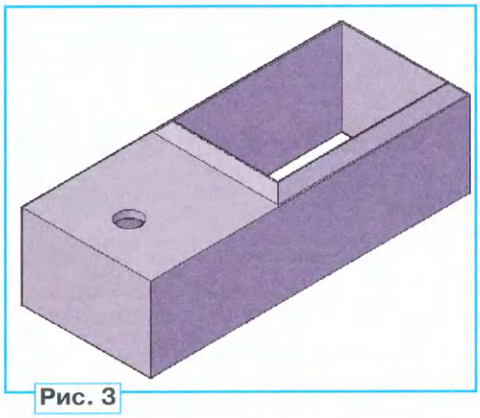


Рис. 3

резонатор на выводах 9 и 10. Его корпус необходимо обязательно припаять к общему проводу (вывод 8). Сверху резонатора к выводам 12, 17 и 14, 15 припаивают выводы кнопки. Общий провод подключён к выводам 8 и 22, а напряжение питания 5 В — к выводам 7 и 20. К этим выводам припаивают конденсатор C1. Затем монтируют элементы R1 и C2, в последнюю очередь устанавливают светодиодный индикатор, его также припаивают к выводам МК. При этом вывод 1 индикатора подключён к выводу 6 МК. Использованный индикатор E30361-L-0-8-W — с общим катодом, у него отсутствует вывод 6. Это как раз тот вывод, который должен был попасть на вывод 1 МК. Если будет использован индикатор, у которого этот вывод есть, его нужно отогнуть и заизолировать ПВХ или термоусаживаемой трубкой, чтобы он не прикасался к выводу МК. При незначительной переделке программы можно использовать и индикатор с общим анодом. Налаживания устройство не требует.

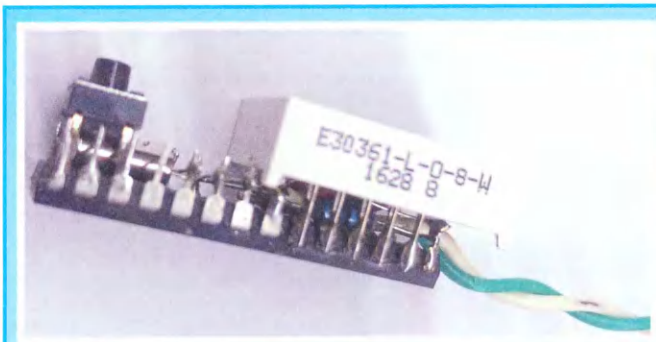


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

Рис. 7

поэтому при желании можно далее усовершенствовать конструкцию. Например, ввести общее время наработки генератора. А демонстрировать его можно вместо заставки в виде бегущей строки, потому что максимальное время отображения часов на трёхразрядном индикаторе не более 999.

Устройство смонтировано "на коленке" очень быстро. Конструкция получилась компактная, в некоторых случаях её можно разместить в корпусе зарядного устройства (ЗУ) от сотового телефона, которое может служить не только корпусом, но и источником питания. Если такого ЗУ не найдётся, можно использовать часть корпуса другого, сгоревшего ЗУ, его нужно будет приклеить сверху рабочего. В авторском варианте для защиты конструкции был разработан и напечатан на 3D-принтере пластиковый корпус (**рис. 3**). Обычно на генераторе есть минимум две розетки для подключения нагрузки. Одна из них будет задействована для постоянного подключения моточасов. В противном случае придётся использовать тройник. Если в бензогенераторе присутствует источник постоянного напряжения 12 В, вместо ЗУ можно использовать интегральный стабилизатор напряжения серии 7805 или аналогичный.

Монтаж элементов выполняется на выводах МК с тыльной стороны (**рис. 4**—**рис. 7**). Вначале распаивают кварцевый

От редакции. *Файлы для 3D-принтера и программирования МК находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/moto.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Сигнализатор обратной тяги для проточного газового водонагревателя

М. КОЖАНОВ, г. Волгоград

В домах, которые не имеют централизованного горячего водоснабжения, для подогрева воды обычно используются проточные газовые водонагреватели — газовые колонки. Жильцы, проживающие в таких квартирах, прекрасно знают, что такое обратная тяга в системе отвода продуктов горения и как на это реагирует газовая колонка. Предлагаемые в статье решения помогут предупредить возникновение такой ситуации.

Марка термостата	Температура срабатывания, °С	Температура сброса, °С
KSD301-50	50±3	37±8
KSD301-55	55±3	40±8
KSD301-60	60±3	45±5
KSD301-65	65±3	48±5

Причин возникновения обратной тяги несколько: это и время года, и погодные условия, и состояние дымохода. Однако в настоящее время к ним добавились ещё две: установка в квартире пластиковых окон (старые деревянные рамы не были столь герметичными и даже в закрытом состоянии обеспечивали приток воздуха снаружи) и наличие вытяжного шкафа над газовой варочной панелью, который, при перечисленных выше условиях, создаёт эффект обратной тяги, затягивая в квартиру воздух из дымохода. Совокупность всех этих причин и создаёт предпосылки, при которых газовая колонка отключается.

Важнейшее условие, которое ставилось при разработке сигнализатора обратной тяги, это отказ от внесения каких-либо изменений в конструкцию газовой колонки. Что касается тревожного сигнала, то он должен быть прерывистым (для большей заметности) и комбинированным — светозвуковым.

Непосредственно в самой газовой колонке в системе контроля тяги в качестве датчика используется термостат с нормально замкнутыми контактами, которые включены последовательно в цепь управления подачей газа. Газовая колонка конструктивно устроена так, что при отсутствии тяги в дымоходе продукты горения бытового газа проходят через металлические конструкции, к которым прикреплён термостат, в результате чего его корпус нагревается. Работа термостата основана на свойстве биметаллических (латунно-стальных) пластин изгибаться под воздействием повышенной температуры. Изгиб пластин управляет размыканием нормально замкнутых контактов термостата, что и приводит к прекращению подачи газа в горелку. После снятия перегрузки по температуре биметаллический сплав охлаждается, и контакты возвращаются в исходное состояние.

По типу контактов термостаты подразделяются на нормально замкнутые (NC), о них речь уже шла выше, и нормально замкнутые (NO), у которых в нормальных условиях контакты разомкнуты, а перегрев биметаллических пластин приводит к их замыканию. В каждой из перечисленных групп термостаты подразделяются по интервалам рабочих температур, которые различаются температурами срабатывания и сброса (**таблица**).

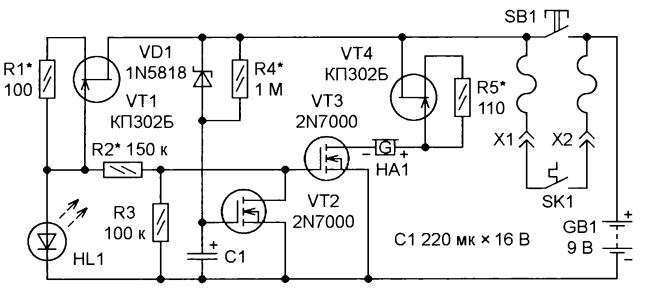


Рис. 1

Учитывая сказанное выше, в качестве датчика для сигнализатора обратной тяги необходимо выбрать нормально разомкнутый термостат (термостат сигнализатора) с температурой срабатывания ниже, чем у термостата из системы контроля тяги газовой колонки (термостат газовой колонки). Подробно на выборе марки термостата остановимся позже.

Схема первого сигнализатора обратной тяги приведена на **рис. 1**. Устройство реализовано на основе мигающего светодиода HL1 и пьезоэлектрического излучателя со встроенным генератором HA1 (акустический излучатель). Чтобы в процессе разрядки батареи сделать свечение мигающего светодиода HL1 равномерным, питание на него поступает через стабилизатор тока, выполненный на полевом транзисторе VT1 и резисторе R1. В момент замыкания контактов термостата SK1 через канал полевого транзистора VT1 и резистор R1 начинает протекать ток, который создаёт падение напряжения на этом резисторе. При этом минус этого напряжения приложен к затвору, а плюс — к истоку, и чем больше будет протекающий через резистор ток, тем больший закрывающий потенциал будет на затворе VT1. По мере разрядки батареи ток через транзистор VT1 падает, что ведёт к уменьшению закрывающего напряжения на резисторе R1, а следовательно, к увеличению тока стока. Этим и достигается стабилизация тока через мигающий светодиод HL1 в процессе "жизненного" цикла батареи питания. Изменяя сопротивление резистора R1, можно в некоторых пределах регулировать стабилизируемый ток.

Здесь мигающий светодиод используется не только по прямому назначению — в виде светового прерывистого индикатора, но и в качестве прерывателя звукового сигнала. Работает эта часть так. В интервале питающего напряжения от 9 В до 5 В акустический излучатель HA1 генерирует сигнал, напоминающий сирену. Это свя-

зано с тем, что мигающий светодиод представляет собой светодиод со встроенными формирователем низкочастотных импульсов и электронным ключом, которые и управляют работой светодиода. Таким образом, когда светодиод HL1 не светится, на нём падает напряжение, близкое к 8,3 В, а когда свечение светодиода активируется, падение напряжения на нём равно около 3 В при номинальном напряжении батареи питания. Это ступенчатое напряжение подаётся на делитель, собранный на резисторах R2 и R3, и через него — на затвор полевого транзистора VT3. Таким образом, при напряжении на светодиоде 8,3 В на затвор VT3 подаётся 3,3 В, которое надёжно открывает этот полевой транзистор. А во втором случае на затвор подаётся 1,2 В, которое близко к пороговому напряжению транзистора VT3, но всё-таки несколько больше его [1]. В результате чего в течение одного рабочего цикла мигающего светодиода акустический излучатель HA1, управляемый полевым транзистором VT3, генерирует сигнал, напоминающий сирену с чередованием сигналов разных частот. Период изменения громкости соответствует вспышкам светодиода HL1.

Когда напряжение питания становится меньше 5 В, характер звукового сигнала меняется, он становится прерывистым. При этом мигающий светодиод HL1 и акустический излучатель HA1 будут работать асинхронно. Это вызвано тем, что напряжение на светящемся светодиоде падает и, пройдя через делитель напряжения на R2 и R3, становится недостаточным для открывания полевого транзистора VT3. Такая ситуация сохраняется при снижении напряжения питания до 3,6 В. Когда напряжение батареи становится ещё меньше, аварийную ситуацию сигнализирует только светодиод HL1, а при напряжении меньше 1,8 В сигнализатор перестаёт работать. Таким образом, по работе сигнализатора можно судить о состоянии батареи питания GB1.

Чтобы в процессе разрядки батареи громкость звучания акустического излучателя HA1 изменялась незначительно, питание на него поступает через стабилизатор тока, собранный на полевом транзисторе VT4 и резисторе R5. Изменяя сопротивление резистора R5, можно в некоторых пределах варьировать стабилизируемый ток и соответственно громкость звучания акустического излучателя HA1.

Как показали эксперименты, разница температур замыкания и размыкания контактов некоторых экземпляров нормально разомкнутых термостатов может достигать 15 °С, помимо этого, время, в течение которого это событие произойдёт, зависит от температуры воздуха в помещении, в котором находится газовая колонка, и чем она (температура) выше, тем дольше находятся в замкнутом состоянии эти контакты (до пяти минут и более). Если взять во внимание, что при срабатывании сигнализатора обратной тяги не требуется много времени на действия, которые предупредят отключение газовой колонки (перекрыть кран горячей воды, выключить вытяжной шкаф либо приоткрыть окно), то слушать длительное время сигнал сирены после того, как соответствующие меры по устранению аварийной ситуации приняты, неприятное занятие. По этой причине предусмотрено реле времени, ограничивающее длительность звучания акустического сигнала, при этом оптическая индикация будет продолжать работать, указывая на то, что необходимо предпринять дальнейшие меры для того, чтобы аварийная ситуация больше не повторялась.

Реле времени реализовано на полевом транзисторе VT2, конденсаторе C1, резисторе R4 и диоде VD1. При замыкании контактов термостата через резистор R4 начинает заряжаться конденсатор C1. Когда напряжение на нём и соответственно на затворе полевого транзистора VT2 достигнет порогового значения, последний откроется и заблокирует открывание полевого транзистора VT3, тем самым работа акустического излучателя прекратится. Длительность звучания сигнала тревоги можно регулировать подбором резистора R4. Диод VD1 служит для быстрой разрядки конденсатора C1 при возвращении контактов термостата в исходное состояние.

При указанных на схеме номиналах C1, R4, напряжении батареи питания 9 В, пороговом напряжении полевого транзистора VT2, равном 1,15 В, время звучания акустического излучателя равно 27 с. При этом сигнал, напоминающий сирену, будет звучать первые 23 с, а в оставшееся время — прерывистый звуковой сигнал. При снижении напряжения батареи питания до 5 В первые 34 с звучит сирена, оставшиеся 6 с — прерывистый звуковой сигнал. При напряжении питания от 4,9 до 3,6 В в течение 44 с звучит только прерывистый звуковой сигнал.

Кнопка SB1, которая подключена параллельно контактам термостата SK1, предназначена для проверки работоспособности устройства и соответственно состояния батареи питания.

В газовой колонке, для которой разрабатывался этот сигнализатор, в системе контроля тяги функцию датчика выполняет термостат с нормально замкнутыми контактами и температурой срабатывания (размыкания контактов) 65 °С. Как было отмечено ранее, в качестве датчика для сигнализатора обратной тяги необходимо выбрать термостат с нормально разомкнутыми контактами с температурой срабатывания (замыкания контактов) ниже, чем у термостата газовой колонки. В соответствии с данными, приведёнными в табл. 1 [2], температура срабатывания термостата газовой колонки (KSD301-65) лежит в интервале от 62 °С до 68 °С. У ближайшего к нему термостата KSD301-60 этот интервал — от 57 °С до 63 °С, он нам не подходит, поскольку имеется вероятность совпадения температур срабатывания на участке 62...63 °С. Поэтому выбор свой остановим на термостате KSD301-55 (52 °С...58 °С).

Впрочем, есть ещё один критерий, который может быть не обязателен, но желателен — это температура сброса. Как мы уже выяснили, длительность звукового сигнала, генерируемого сигнализатором, определяет реле времени, а оптического — время возвращения контакта термостата в исходное состояние. По этой причине желательно, чтобы температуры сброса обоих термостатов (газовой колонки и сигнализатора) отличались друг от друга незначительно. И вот почему. Если по какой-либо причине вы не успели вовремя среагировать на аварийный сигнал сигнализатора и газовая колонка отключилась, то в этом случае ситуация, когда мигающий светодиод прекратит свою работу, будет означать, что контакты термостата газовой колонки восстановили цепь управления подачи газа и она готова к дальнейшей работе.

На практике (в авторском варианте) термостат газовой колонки показал следующие результаты: температура срабатывания — 67,6 °С, температура сброса — 43,3 °С, а термостат KSD301-55, выбранный для сигнализатора: температура срабатывания — 53 °С, температура сброса — 42,8 °С.

Недостаток этого устройства состоит в том, что из-за большого разброса характеристик полевых транзисторов, таких как начальный ток стока (VT1 и VT4) и пороговое напряжение (VT2 и VT3), возможно, придётся подобрать номиналы резисторов R1, R2, R5. О резисторах R1 и R5 уже было сказано выше. А на резисторе R2 остановимся подробнее. Дело в том, что, изменяя сопротивление этого резистора в большую или меньшую сторону относительно номинала, указанного на схеме, можно добиться транс-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

формации характера излучаемого акустического сигнала. Так, при сопротивлении резистора 180...200 кОм в интервале питающих напряжений от 9 В до 4 В излучается прерывистый звуковой сигнал (сигнал, напоминающий сирену, отсутствует), при напряжении менее 4 В звуковой сигнализатор уже не работает. Это объясняется тем, что напряжения, снимаемого с делителя на резисторах R2 и R3, в момент, когда мигающий светодиод HL1 активен, уже недостаточно для поддержания полевого транзистора VT3 в приоткрытом состоянии. При сопротивлении резистора R2 около 120 кОм излучаемый акустический сигнал становится более "многогранным". Он трансформируется в зависимости от напряжения питания, изменение которого можно условно разделить на три этапа. Так, в интервале питающих напряжений от 9 В до 6,1 В излучается постоянный тон, от 6 В до 4,5 В — сирена, от 4,4 В до 3,2 В — прерывистый сигнал, а при напряжении менее 3,2 В звуковой сигнал отсутствует. В данном случае тоже всё просто, коэффициент передачи делителя на резисторах R2 и R3 становится больше, поэтому на первом этапе напряжения на затворе полевого транзистора VT3 достаточно для поддержания его в открытом состоянии независимо от того, в каком режиме находится мигающий светодиод, по этой причине акустический излучатель HA1 воспроизводит постоянный тон. На втором этапе при активном светодиоде на затвор VT3 подаётся напряжение, близкое к пороговому напряжению, в результате сигнал напоминает сирену, и, наконец, на третьем этапе транзистор VT3 работает в чисто ключевом режиме, вследствие этого акустический излучатель HA1 формирует прерывистый звуковой сигнал.

К сказанному выше необходимо добавить, что по мере зарядки конденсатора C1 на характер звукового сигнала также будет оказывать влияние и реле времени. Ввиду того что описание всех этих нюансов не является целью этой статьи, поэтому желающие могут самостоятельно ознакомиться с ними на практике.

Следует отметить, что указанные выше номиналы резистора R2 указаны приблизительно, так как их значения зависят от порогового напряжения полевого транзистора VT3 — 2N7000, а оно, в соответствии со справочными данными, находится в интервале от 0,8 В до 3 В [1].

Это устройство можно упростить, заменив стабилизатор тока, выполненный на полевом транзисторе VT1 и резисторе R1, токоограничивающим резистором, но в таком случае по мере разрядки батареи питания GB1 яркость свечения мигающего светодиода HL1 будет изменяться в широком интервале. То же самое можно сказать и о стабилизаторе тока в цепи пьезоизлучателя со встроенным генератором звуковой частоты HA1 с той лишь разницей, что плюсовой вывод излучателя необходимо подключить напрямую к плюсовой линии питания. Но в этом случае при номинальном напряжении батареи питания излучаемый звуковой сигнал может показаться слишком громким.

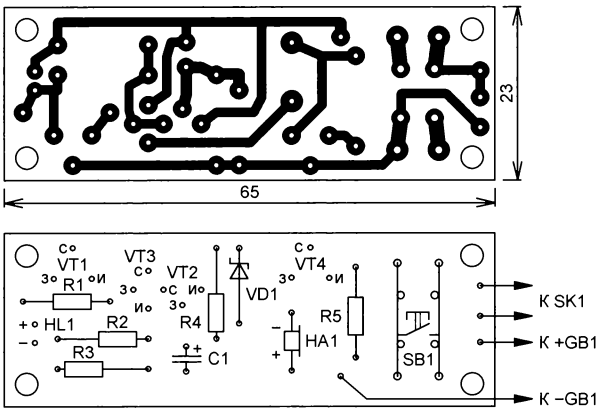


Рис. 2

Все элементы устройства, за исключением термостата SK1, смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**.

В устройстве можно применить резисторы МЛТ, оксидный конденсатор C1 — импортный. Мигающий светодиод HL1 предпочтительнее использовать красного свечения, поскольку вспышки этого цвета больше привлекают к себе внимание. В сигнализаторе следует применить пьезоизлучатель со встроенным генератором звуковой частоты с большим интервалом питающего напряжения. В авторском варианте на месте HA1 (наименование неизвестно) применён излучатель, рассчитанный на рабочее напряжение от 6 В до 15 В. Поскольку к этому устройству не предъявляются жёсткие требования по быстрому восстановлению в исходное состояние после её обесточивания, то диод Шоттки VD1 можно заменить импульсным диодом КД522 с любым буквенным индексом. В качестве кнопки SB1 можно использовать ПКн-150-1 либо тактовую кнопку TS-A2PS-130 (печатная плата такую возможность предоставляет).

Схема второго устройства, формирующего аварийный сигнал, изображена на **рис. 3**. Оно представляет собой более бюджетный вариант в плане эксплуатационных расходов (в данном случае речь идёт о стоимости элементов питания), поскольку вместо щелочной батареи 6LR61 работает от одного элемента питания типоразмера AAA. Поскольку напряжения 1,5 В недостаточно, чтобы вызвать свечение кристалла светодиода, в основу положено хорошо себя зарекомендовавшее устройство из [3].

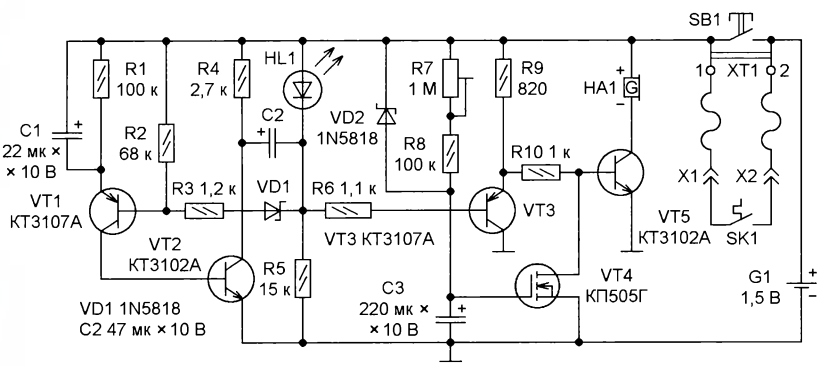


Рис. 3

Работает формирователь аварийного сигнала так. В момент замыкания контактов термостата SK1 подаётся напряжение питания. Одновременно с этим через резисторы R4 и R5 начинает заряжаться конденсатор C2. Его зарядный ток создаёт положительное относительно общего провода падение напряжения на резисторе R5. Оно несколько меньше напряжения питания, но достаточно, чтобы диод VD1 и транзистор VT3 (напряжение на его базу подаётся через резистор R6) находились в закрытом состоянии. В связи с тем что транзистор VT3 закрыт, на базу тран-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

зистора VT5 через резисторы R9 и R10 подаётся положительное смещение, которое открывает его, тем самым минусовый вывод пьезоизлучателя со встроенным генератором звуковой частоты HA1 подключается к общему проводу, и он активируется.

По мере зарядки конденсатора C2 его зарядный ток падает, и, как следствие, уменьшается падение напряжения на резисторе R5, в конечном итоге транзистор VT3 и диод VD1 открываются. Соответственно, это приводит к тому, что база транзистора VT5 через резистор R10 и открытый транзистор VT3 подключается к общему проводу, и он прикрывается, ток в цепи питания акустического излучателя HA1 уменьшается. В то же время база транзистора VT1 через открытый диод VD1, резисторы R3 и R5 подключается к общему проводу и, как следствие, транзистор VT1 и следом за ним VT2 открываются. В результате этого конденсатор C1 начинает заряжаться через открытый транзистор VT1 и эмиттерный переход транзистора VT2. При этом плюсовой вывод конденсатора C2 через открытый транзистор VT2 и общий провод подключается к минусу гальванического элемента G1. В результате к выводам светодиода HL1 прикладывается суммарное напряжение заряженного конденсатора C2 и элемента питания G1, которого уже достаточно для свечения кристалла светодиода HL1. Таким образом, конденсатор C2 быстро разряжается, отдавая накопленный заряд светодиоду.

По мере зарядки конденсатора C1 его зарядный ток падает, это приводит к тому, что транзистор VT2 закрывается, конденсатор C2 опять начинает заряжаться и, как следствие, транзисторы VT1 и VT3 закрываются, в связи с этим акустический излучатель HA1 активизируется, а конденсатор C1 разряжается через резистор R1. Начинается новый цикл работы формирователя аварийного сигнала.

Чтобы ограничить время звучания аварийного сигнала, как и в предыдущем устройстве, предусмотрено реле времени, выполненное на полевом транзисторе VT4, подстроечном резисторе R7, резисторе R8, конденсаторе C3 и диоде VD2. Схема реле времени аналогична предыдущей, но с той лишь разницей, что в ней предусмотрена возможность регулировки времени звучания акустического сигнала. Следует отметить, что каскад на транзисторе VT3 введён для того, чтобы реле времени не влияло на ту часть, которая управляет работой светодиода.

Исходя из собственного опыта, могу сказать, что самое сложное при конструировании самодельного электронного устройства — это изготовить или приобрести корпус для создаваемой конструкции. Поэтому часто бывает, что печатная плата разрабатывается под конкретную, имеющуюся в наличии коробочку. Не явилась исключением и приводимая ниже печатная плата.

Как и в предыдущем варианте, все элементы устройства, за исключением термостата SK1, смонтированы на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 4**.

Для светодиода HL1 на печатной плате предусмотрено несколько дополнительных установочных мест (они обозначены HL1').

Внешний вид смонтированной печатной платы представлен на **рис. 5**.

В формирователе аварийного сигнала можно применить резисторы МЛТ, С2-23 или их импортные аналоги, подстроечный резистор — СП3-38б либо импортные SH-085, 3306P (печатная плата допускает такую возможность). Диоды 1N5818 можно заменить на 1N5817, а на месте VD2 можно также использовать импульсный диод КД522 с любым буквенным индексом. Оксидные конденсаторы — импортные. Применён пьезоизлучатель со встроенным генератором звуковой частоты HCM1201, рассчитанный на номинальное напряжение 1,3...2 В (частота акустического сигнала 2300 Гц). На месте HL1 необходимо использовать светодиод с кристаллом красного свечения, поскольку он имеет меньшее номинальное напряжение. Все биполярные транзисторы должны иметь статический коэффициент передачи тока базы $h_{21э}$ не менее 200.

Поскольку напряжение питания не превышает 1,5 В, у полевого транзистора VT4 значение порогового напряжения не должно быть более 1,1 В. По этой причине выбор был сделан в пользу транзистора КП505Г ($U_{зи\ пор}$ 0,4...0,8 В) [4]. Допустимо использовать и транзисторы КП505А—КП505В с поправкой на то, что у них пороговое напряжение находится в интервале от 0,8 В до 2 В. На месте полевого транзистора VT4 возможно также использовать КП504 с любым буквенным индексом ($U_{зи\ пор}$ 0,6...1,2 В). В процессе отработки устройства полевой транзистор КП505Г был заменён на 2N7000 с $U_{зи\ пор}$ = 1,16 В [1], в результате при снижении напряжения элемента питания до

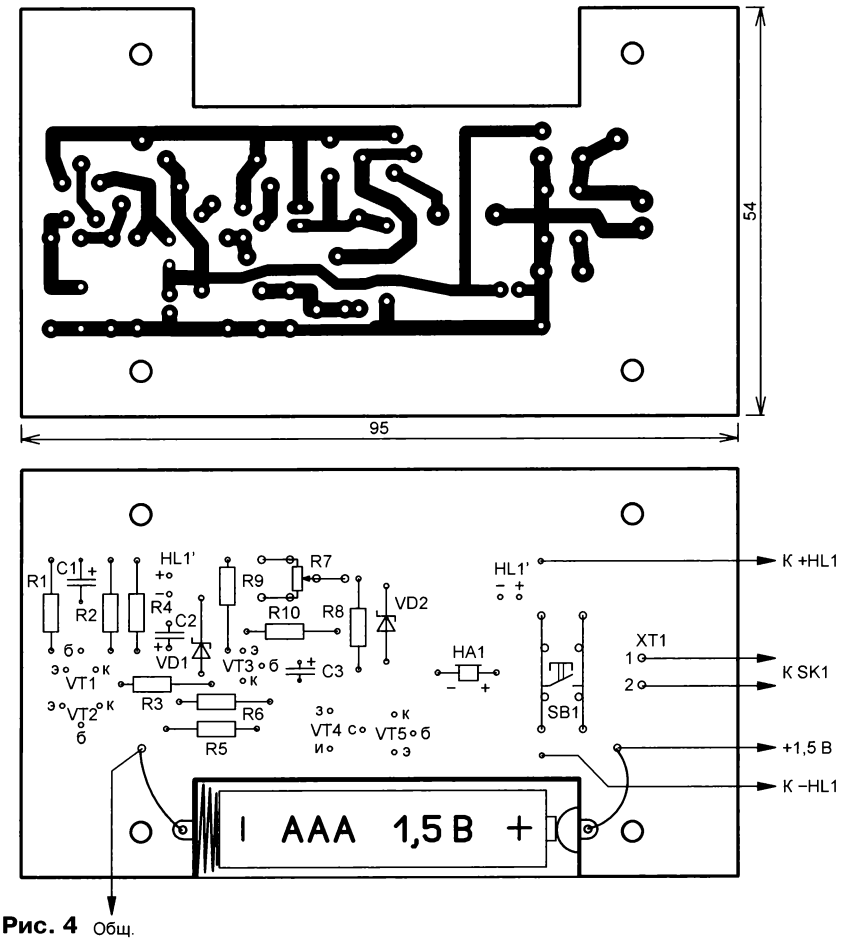


Рис. 4

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

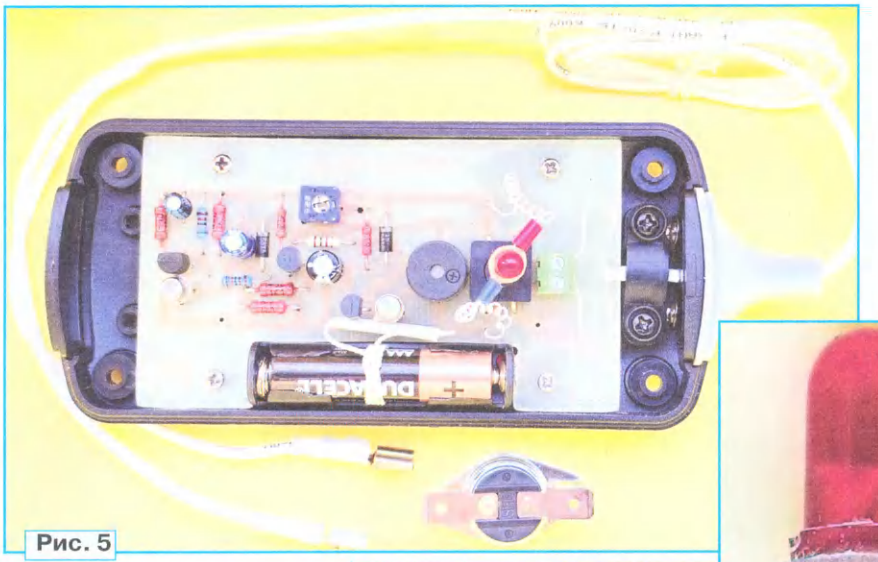


Рис. 5

1,15 В акустический сигнал уже не отключался (при указанных выше условиях реле времени перестаёт выполнять свою функцию). Эту ситуацию можно обыграть и в положительную сторону, поскольку это будет означать, что ресурс гальванического элемента подходит к концу и его в ближайшее время необходимо заменить.

При работе с полевыми транзисторами с изолированным затвором не следует забывать о необходимости принимать меры по защите их от воздействия статического электричества.

Кнопка SB1 — ПКн-150-1 либо TS-A2PS-130 (на печатной плате такая возможность предусмотрена). В этой конструкции функцию толкателя для кнопки SB1 выполняет светодиод HL1, который доработан согласно **рис. 6**. Светодиод со стороны выводов необходимо залить эпоксидной смолой, с помощью сформированной таким образом площадки и будет осуществляться управление кнопкой SB1.

Подключение термостата SK1 осуществлено монтажным проводом МГТФ во фторопластовой изоляции (рассчитан на работу при температуре до +220 °С), который, в свою очередь, помещён в термоусаживаемую трубку (не распространяет горение и самостоятельно затухает, максимальная температура эксплуатации — +125 °С).

При наличии такой возможности термостат SK1 желательно разместить максимально близко к штатному датчику обратной тяги газовой колонки.

Рис. 6

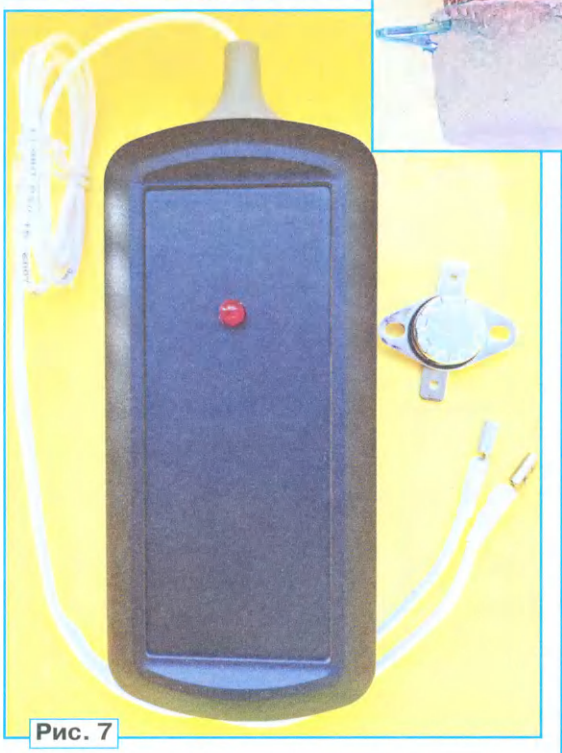


Рис. 7

Общий вид сигнализатора обратной тяги приведён на **рис. 7**.

Корпус готового изделия фиксируется на газовой колонке с помощью трёх неодимовых магнитов, которые одновременно создают воздушный зазор, уменьшающий теплообмен между двумя поверхностями (**рис. 8**). Учитывая, что температура корпуса газовой колонки никогда не превышает такую народную внесистемную единицу измерения температуры как "рука терпит", то неодимовым магнитам ничего не угрожает, поскольку они теряют свои свойства только при температуре окружающей среды выше +80 °С.

Формирователь аварийного сигнала сохраняет работоспособность при разрядке гальванического элемента до напряжения 1,1 В. В принципе, устройство функционирует и при снижении напряжения питания до 1,06 В, но при этом работа акустического излучателя HA1 становится нестабильной, а вспышки светодиода HL1 слабозаметными.

Приведённые в статье схемные решения можно также использовать с датчиками, работающими на других физических принципах.

Рис. 8

ЛИТЕРАТУРА

1. 2N7000 Small Signal MOSFET 200 mAmps, 60 Volts, N-Channel TO-92. — URL: **https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/171823/ONSEMI/2N7000.html** (19.04.25).

2. Термостаты KSD301 (KSD302) серии. — URL: **https://www.dart.ru/cataloguenew/others/thermostat/ksd-f01.shtml** (19.04.25).

3. **Hajek Zdenec**. Низковольтная "мигалка". — Радио, 1998, № 6, с. 64.

4. КП505А—Г N-КАНАЛЬНЫЙ МОП-ТРАНЗИСТОР. — URL: **http://rcl-radio.ru/wp-content/uploads/2015/08/kp505.pdf?ysclid=m8xckn1gpz15716825** (19.04.25).

От редакции. *Чертежи печатных плат в формате Sprint LayOut имеются по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/sig_back.zip*** *на нашем ftp-сервере.*

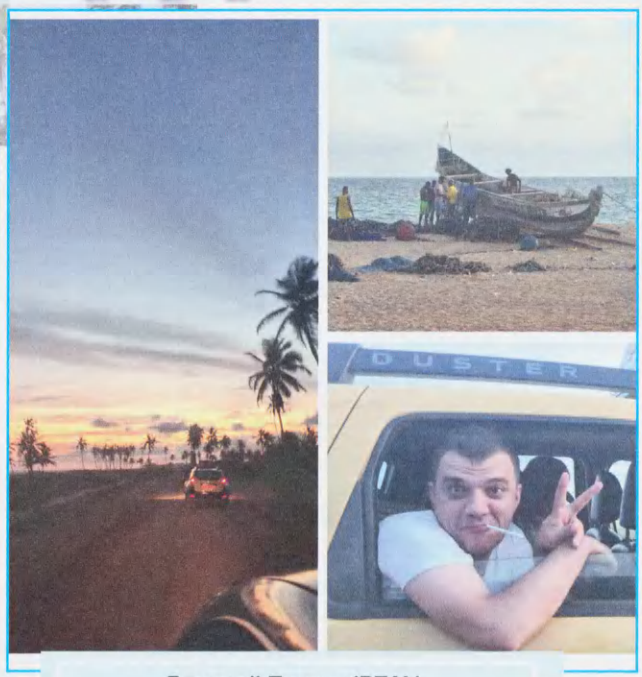
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО о связи
E-mail: mail@radio.ru
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ

Радиоэкспедиция в Бенин

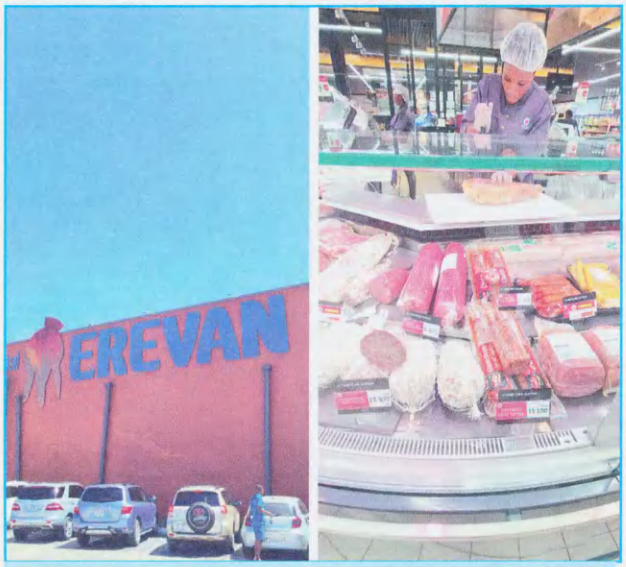
TY0RU

Александр БЕЗМЕНОВ (R9LM), г. Тюмень



Василий Пинчук (R7AL).

Итак, едем в местный крупный торговый центр, ни за что не поверите, как он называется... А называется он EREVAN. Внутри довольно часто слышится русская речь, в основном это русские женщины. Кто-то из них находится тут по работе, кто-то вышел замуж за местного бенинца и т. д. Ассортимент продуктов и необходимой электроники довольно широк, напомнил чем-то нашу "Ленту" или "Ашан". Берём самое необходимое из провианта, а также вентиляторы, верёвки, различные расходные материалы, оформляем сим-карты. Стоимость сим-карты с безлимитным Интернетом около 2500 руб.



Торговый центр EREVAN.

Доллары меняем в этом же торговом центре у местных арабов, у них самый выгодный курс. Шопинг окончен, и мы едем на позицию, до которой около 150 км от торгового центра. Асфальтированная дорога заканчивается там, где кончается столица Бенина, а дальше начинается "марсианская" дорога — грунтовая дорога из ярко-красного песка, и это "федеральная" трасса! Хорошо, что нет дождя! Едем и любуемся местными красотами, пальмами, рыбацкими лодками вдоль океана.

Наконец мы на месте, темнеет тут рано, и мы приехали уже в полной темноте. Подъехали к бунгало у океана, где нас встретил Вячеслав (OK8AU).

Продолжение.
Начало см. в "Радио", 2025, № 5

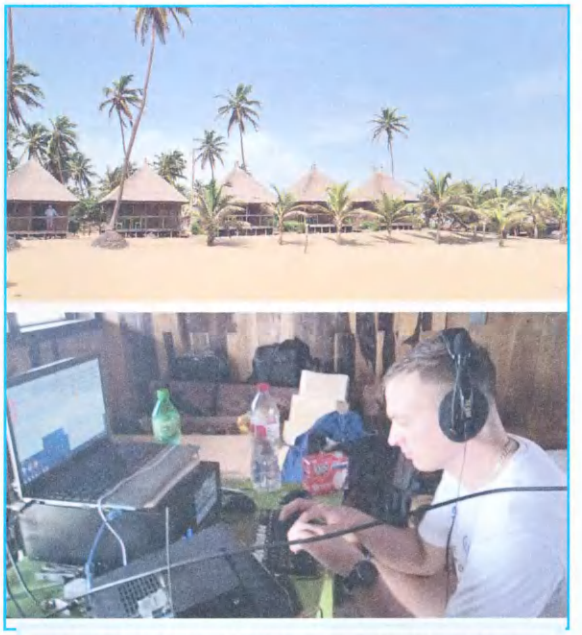
Слева направо: Василий Пинчук (R7AL), Леонид Бережной (RW9JZ), Василий Суханов (RA1ZZ), Владимир Васильев (R9LR), Николай Толкунов (R5EC), Александр Безменов (R9LM), Стевис.

Внешний вид отеля обманчив, но мы были готовы ко всему!

В нашем с Владимиром (R9LR) номере был определён весь провиант команды. Владимир отличный кок, и только ему команда доверяет хранение и приготовление еды. Перекусив, ложимся спать, утром "планёрка" и распределение членов команды по работам.

Ранний подъём. На территории отеля есть мини-ресторанчик, собираемся там за кружкой чая.

Так как я в команде новенький, принято решение отпра-



Александр Безменов (R9LM) за работой в эфире.

Команда готовит и собирает привезённые антенны.

Радость на лицах, наконец-то вся команда в сборе!

Вячеслав ведёт нас по территории, показывая антенны и место расположения шэка. В шэке, не отрываясь на гостей, в эфире трудится Василий (RA1ZZ). Pile-up не даёт ему покинуть рабочее место. Оставляем ребят и едем в сторону отеля для заселения в номера. Местное время около 12 ночи, ресепшн спит. Девушка-администратор встречает нас с заспанными глазами, а тут ещё такое количество гостей! Причём немного шумных, с большими баулами и разговаривающих на непонятном языке. Что запомнилось при расселении, так это душные номера, неработающие кондиционеры, живность, включая наших рыжих пруссаков (тараканов), разгуливающих свободно повсюду.

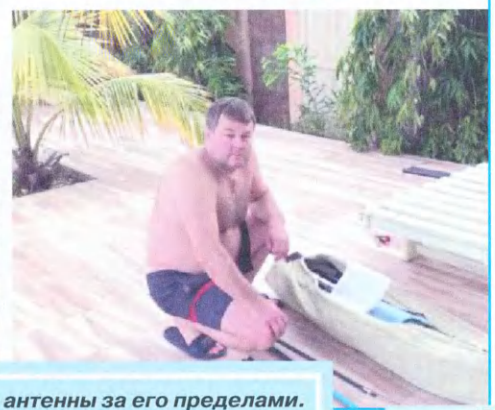
18.10

Local time	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RADIO 1	RA1ZZ			R9LM			R7AL			R5EC			RW9JZ			R5EC			OK8AU			R5AF		
RADIO 2	OK8AU			R5AF			OK8AU			R9LM			RA1ZZ			R5AF			R9LM			R5EC		
DIGITAL	R9LR			RW9JZ			RW9JZ			R7AL			R7AL			R9LR			RA1ZZ			R9LR		

График работы операторов.

Василий Пинчук (R7AL), Леонид Бережной (RW9JZ) и Владимир Васильев (R9LR).

Вид на отель.



Места для антенн в отеле нет, сооружаем антенны за его пределами.

вить меня в шэк разгребать pile-up. Рабочее место пока одно. Остальные члены команды со знанием дела, знанием своих привезённых мачт и антенн идут собирать их.

В эфире ажиотаж на нашу экспедицию, вызывают без остановки! Если бы не опыт в соревнованиях, то можно растеряться от числа вызывающих станций. Стена — из Европы, Америки и совсем немного азиатов.

Дружной бригадой члены команды возводят мачты с антеннами. В процессе работы иногда возникают спорные вопросы, как правильнее и лучше сделать. Но, как говорится, одна голова хорошо, а две лучше! В итоге совместными усилиями вопросы решаются. В течение дня все отлично потрудились. На позиции CW/SSB установлены два спайдера, натянута вертикальная дельта на диапазон 80 метров.

Местное африканское население с интересом разглядывает наши провода.

К вечеру Василий (RA1ZZ) отправляет всем график дежурства. График плотный, три часа через три, но в сутках есть перерыв в шесть часов, чтобы набраться сил, съездить за сувенирами в соседнюю деревню, поспать или полюбоваться местными красотами.

На следующий день Василий (R7AL), Леонид (RW9JZ) и Владимир (R9LR) начинают готовить цифровую и спутниковую позицию, расположенную севернее на 500 м от нас.

Начало положено! Леонид (RW9JZ) к вечеру собрал однодиапазонные антенны HB9CV собственного изготовления для цифровой позиции. Их было очень много, так что пришлось привлекать для их установки всех членов команды.

(Продолжение следует)

Похоронное бюро, в котором производились микрофоны: компания Turner.

Невероятная история Дэвида Тернера

Лука КЛЭРИ (IW7EEQ), г. Таранто, Италия

Прежде чем приступить к этой статье, я хочу публично поблагодарить писателя-фрилансера Джо Коффи из Центра истории в Сидар-Рапидс (штат Айова, США) за необыкновенный, не опубликованный в Италии материал, который я имел удовольствие использовать и перевести для написания этой статьи.

Это невероятная и неизвестная история компании, которая производила и экспортировала микрофоны более чем в 43 страны по всему миру.

Как только мы, радиолюбители, слышим имя Turner, сразу вспоминаем легендарные американские микрофоны — синоним качества и совершенства (**фото 1**). Многие до сих пор используют их (как и я) в своих радиостанциях, придавая винтажный вид, и до сих пор существует процветающий рынок подержанных микрофонов, несмотря на то что компания не работает уже несколько десятилетий.

Фото 1

Не боясь возражений, я могу утверждать, что многие люди не знают подлинной истории этой компании, которая начинала как похоронное бюро и совершенно случайно оказалась производителем микрофонов!

С 1936 г. по 1977 г. компания Turner Company располагалась по адресу 909 17th Street Northeast в Сидар-Рапидс (штат Айова) и была буквально самым тихим местом на земле. Здесь производились микрофоны и насосы для бальзамирования под давлением (**фото 2**, **фото 3**).

Микрофонный отдел использовал для своих испытаний безэховую камеру. Размеры акустической камеры — шесть на шесть метров, а пол, потолок и стены были выложены заострёнными стекловолоконными перегородками глубиной 1,5 м и шириной 60 см.

Помещение было настолько хорошо звукоизолировано, что любой человек, оказавшийся внутри, мог быть дезориентирован из-за отсутствия естественных звуковых отголосков. Была установлена система сигнализации, чтобы любой человек, оказавшийся в ловушке, мог позвать на помощь снаружи.

Идея создания Turner Company или той компании по производству электроники, которую мы знаем, родилась в середине 1920-х годов в результате прозрения Дэвида Тернера (слева вверху на **фото 4**). Похоронное бюро Тернера недавно переехало на 800 2nd Ave SE, и Дэвид заметил, как трудно в новом помещении расслышать слова, произносимые священником во время церковной службы последнего прощания с покойным. Отсюда возникла идея создания системы звуковой трансляции, которую разработал и установил Эверетт Фостер — электрик, специализирующийся на театральных звуковых системах, он же адаптировал систему для небольших помещений.

Фото 2

В 1930 г. на Национальном съезде похоронных бюро Дэвида Тернера попросили описать своё "изобретение", которое сразу же вызвало большой интерес у его коллег. В следующем году он открыл Turner Company по адресу 700 3rd Ave SE, где, чтобы поддержать начинающую компанию на плаву, Эверетт Фостер собирал системы звуковоспроизведения, микрофоны и ремонтировал радио. И всё это из шкафа в похоронном бюро!

Однако вскоре Дэвиду Тернеру пришлось решать другую проблему, связанную, так ска-

Фото 3

Фото 4

зать, с семейным бизнесом: традиционные насосы для бальзамирования работали медленно! Насос, работающий под давлением, был гораздо быстрее... Так родилась вторая производственная ветвь компании Turner!

В 1936 г. Turner Company переехала на место, которое должно было стать её последним и окончательным местом расположения, и стала производить огромное число микрофонов для радиовещательных систем, любительского радио и вооружённых сил. Также это отличный пример изысканного дизайна и ардеко. Тем временем насосы для бальзамирования под давлением стали стандартом во всех моргах! Предпринимательский двойной успех!

Во время Второй мировой войны компания Turner увеличила число своих сотрудников с 60 до 210 человек, сосредоточив все свои производственные усилия на выпуске электронного оборудования для вооружённых сил.

Семья Тернеров любила искусство, поэтому неудивительно, что компания прославилась тем, что выставила на заводе картины Марвина Коуна и Гранта Вуда. Музыка звучала на заводе во время обеда, перерывов и позднего вечера, когда заканчивалась дневная точная работа. Считалось, что это повышает производительность труда, поднимая моральный дух сотрудников на рабочем месте.

В конце Второй мировой войны компания Turner была одним из крупнейших производителей микрофонов в США, выпустив множество моделей. К сожалению, она слишком сосредоточилась на дизайне в стиле арт-деко, уступив конкурентам, которые завоевали рынок за счёт более функциональных конструкций для лучшего воспроизведения звука (**фото 5**).

Фото 5

В 1950—1960-х годах Тернер держался на плаву, производя микрофоны и компоненты для Collins Radio и других компаний. В 1968 г. компания была продана нью-йоркской фирме Conrac, а в 1975 г. подразделение бальзамирования было продано компании Embalming Supply Company, ESCO.

В 1970-е годы, благодаря буму в сфере СВ, в компании Turner работало 1200 человек, а её оборот в 1977 г. составил 35 млн долл.

Однако в том же году FCC запретила американским производителям продавать расширенные СВ-радиостанции (знаменитые 40 каналов), как раз в то время, когда дешёвые иностранные электронные продукты начали завоёвывать американский рынок, что привело к увольнениям и забастовкам в компании Turner.

В 1978 г. компания Conrac продала дочернюю компанию Turner компании Telex из Миннесоты. Производство в Сидар-Рапидс прекратилось в 1979 г., и в итоге бренд был закрыт навсегда.

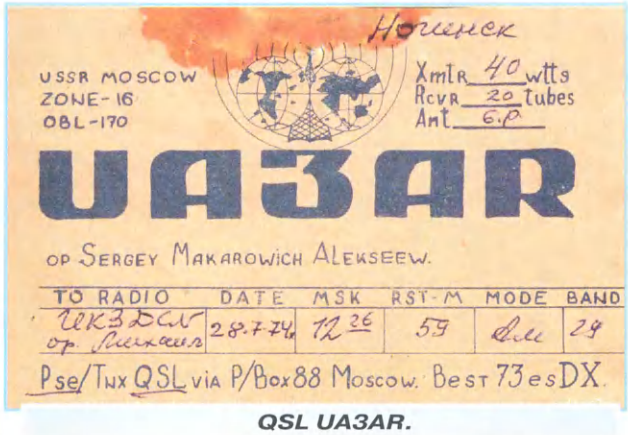
Удивительная история этой исторической компании. Как уже было написано, несмотря на то что её производство было прекращено 42 года назад, до сих пор существует оживлённый рынок подержанных микрофонов с приличными ценами.

В следующий раз, когда вы возьмёте в руки свой микрофон Turner, гордитесь им ещё больше, ведь за этой капсулой скрывается большая история! ■

Памяти UA3AR

Михаил КАВЕРИН (RW3FS), г. Реутов Московской обл.

Удивительным был диапазон 28 МГц в семидесятых годах прошлого столетия. Когда открывалось прохождение, весь диапазон от 28,5 МГц до 29 МГц был забит русскоговорящими станциями. Сейчас, когда случается хорошее прохождение, редко можно услышать станции, работающие на частотах выше 28,6 МГц. В семидесятых годах основная масса любительских станций на десятиметровом диапазоне работала амплитудной модуляцией. Диапазон никогда не был пуст. Если не было дальнего прохождения, то днём, а тем более вечером, на диапазоне всегда были слышны московские и подмосковные станции. И темы для разговоров всегда были. Самодельные передатчики требовали внимания и совершенствования. Стабильность частоты, улучшение модуляции. Редко обсуждалась мощность. Все делились своим опытом.



QSL UA3AR.

Я слушал эти разговоры, сидя в кладовке "хрущёвки", на четырёхтранзисторный сверхрегенератор и трёхметровую проволочную антенну, развешенную здесь же в кладовке. Схема сверхрегенератора была взята из статьи о радиоуправляемых моделях в журнале "Радио" № 12 за 1968 г.

Так мы, мальчишки, слушая эти эфирные беседы радиолюбителей, постигали тонкости схемотехники и конструирования.

Особенно интересно было слушать станцию с позывным UA3AR. Все корреспонденты уважительно обращались к владельцу этого позывного — Сергей Макарович. Он всегда охотно и терпеливо объяснял, как "победить" задающий генератор передатчика, как правильно настроить выходной контур, как добиться хорошей модуляции и как увеличить её глубину. Что такое смещение и насколько оно важно для линейной работы каскадов. Сколько тетрадок было исписано и разрисовано схемами во время прослушивания этих лекций!

Когда я познакомился в городе с радиолюбителем, которому многократно было отказано в выдаче разрешения на постройку любительской радиостанции (такое случалось в советские времена), я узнал от него, что фамилия Сергея Макаровича — Алексеев. Увидел одну из его книг — "Школьная радиостанция ШК-2" — и саму радиостанцию, которая была собрана во время ожидания очередного разрешения на постройку.

Обложка книги С. Алексеева "Школьная радиостанция ШК-2".

Позднее я узнал, что Сергей Макарович был учителем физики в школе на Арбате. Когда начал работать на коллективной радиостанции, то, конечно, не раз беседовал с UA3AR. Но лично познакомиться не довелось. 45 лет провисела на стене кладовки в родительской квартире карточка, подтверждающая одну из связей. С огромной благодарностью вспоминаю этого человека, открывшего путь в эфир многим мальчишкам, "заболевшим" радио в семидесятых. ■

РАДИО
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
начинающим

"Неоновая нить" в праздничных и новогодних украшениях

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Хорошим праздничным или ёлочным украшением могут быть различные фигуры или надписи, окантовки каких-либо предметов, ёлочные гирлянды и т. д., выполненные из так называемого электролюминесцентного провода (EL-провод, ЭЛ-провод, также иногда называемого "холодным неоном" или "гибким неоном"). Принцип его работы основан на явлении электролюминесценции. Он представляет собой тонкий шнур из изоляционного материала, в центре которого находится первый электрод — медная жила, покрытая электролюминофором. Поверх шнура размещён второй электрод — пара тонких проводов, которые также покрыты защитной изоляционной оболочкой. При подаче переменного напряжения с определённой частотой и амплитудой электролюминофор светит по всей длине EL-провода и во все стороны [1, 2].

Для защиты от внешних воздействий поверхность EL-провода покрывается цветной поливинилхлоридной оболочкой, которая придаёт "холодному неону" любой цвет. Наибольшую яркость имеет EL-провод белого свечения, наименьшую — красного. EL-провод можно представить в виде коаксиального конденсатора с погонной ёмкостью около 3 нФ/м.

Рис. 1

Приобрести EL-провод проще всего можно в виде комплекта для тюнинга салона автомобиля. Один из вариантов названия — "Неоновая нить для подсветки салона" [3]. В комплект поставки (**рис. 1**), как правило, входят EL-провод 1 различной длины, повышающий преобразователь напряжения 2 и вилка 3 для подключения к прикуривателю. Сам EL-провод снабжён ленточным выступом, предназначенным для фиксации. Питается преобразователь напряжением от бортовой сети автомобиля, и на его выходе формируется переменное напряжение (**рис. 2**) частотой около 3 кГц и амплитудой около 145 В (при напряжении питания 12 В и подключённом EL-проводе длиной 3 м).

В штатном варианте комплекта для тюнинга автомобиля обеспечивается постоянное свечение EL-провода. Чтобы сделать украшение из него более интересным и привлекающим внимание, можно реализовать другие режимы, при которых яркость его свечения изменяется. Для реализации таких режимов можно использовать тот факт, что яркость свечения EL-провода зави-

Рис. 2

собран компаратор, на выходе которого формируются прямоугольные импульсы, а на ОУ DA1.2 — интегратор, и на его выходе формируются треугольные или пилообразные импульсы. Транзисторы VT1, VT2 усиливают выходной ток интегратора и подают питающее напряжение на преобразователь A1, который, в свою очередь, питает EL-провод A2.

Частота генерируемых импульсов зависит от порога переключения компаратора и скорости зарядки и разрядки конденсатора C3. Изменять форму выходных импульсов можно с помощью установки или удаления перемычек S1—S3. При установке только одной перемычки S3 на выходе компаратора формируются треугольные импульсы с периодом следования несколько секунд. Именно за это время будет поочерёдно плавно нарастать и спадать яркость свечения EL-провода.

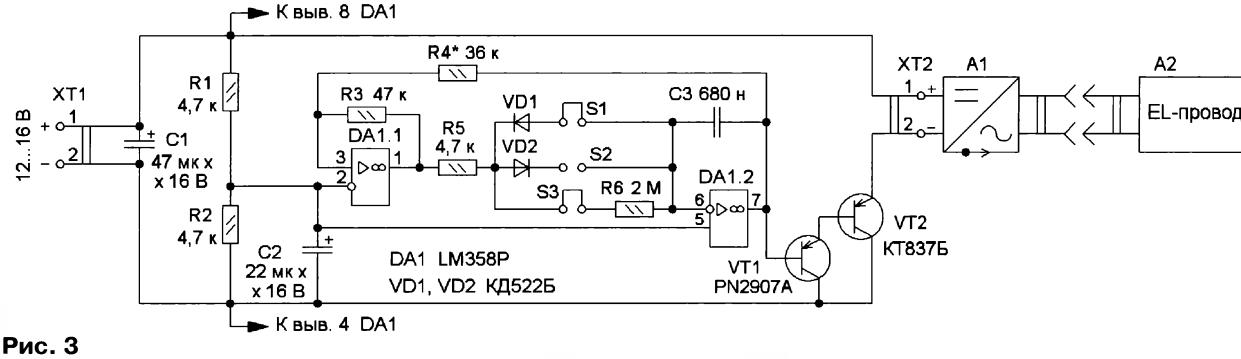


Рис. 3

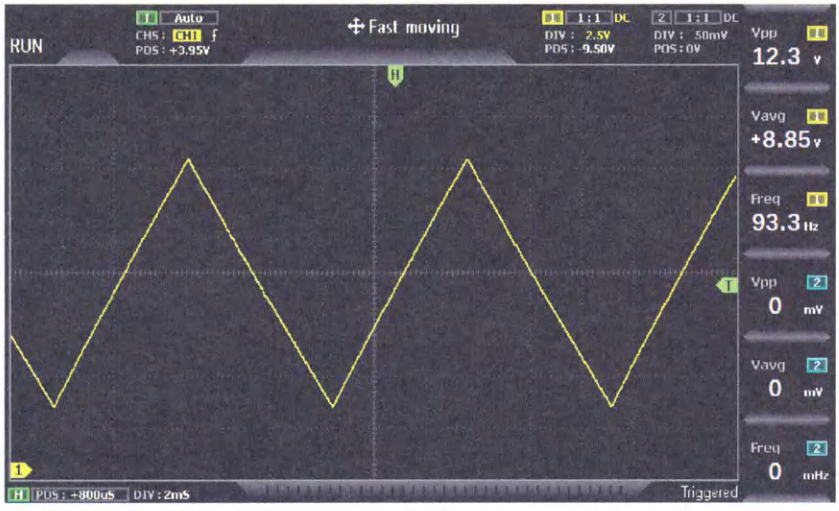


Рис. 4

При установке ещё и перемычки S1 ток зарядки остаётся прежним, а ток разрядки существенно увеличивается. В результате на выходе интегратора формируются пилообразные импульсы (быстрое увеличение и медленное уменьшение напряжения интегратора), а частота импульсов уменьшается практически в два раза. При удалении перемычки S1 и установке перемычки S2 форма пилообразных импульсов изменится на противоположную (медленное увеличение и быстрое уменьшение напряжения интегратора). Аналогично будет изменяться и яркость свечения EL-провода. Поскольку часть напряжения интегратора падает на транзисторах, для обеспечения номинальной яркости EL-провода напряжение питания устройства можно повысить до 16 В.

сит от амплитуды переменного напряжения. Поскольку питающий его преобразователь нестабилизированный, изменяя его входное постоянное напряжение от нескольких вольт до номинального напряжения, можно изменять и выходное переменное напряжение, тем самым регулируя яркость свечения EL-провода.

Схема одного из вариантов регулятора яркости EL-провода показана на **рис. 3**. На ОУ DA1.1 и DA1.2 собран функциональный генератор, при этом на ОУ DA1.1

Налаживание сводится к подборке резистора R4 для получения максимально возможной амплитуды сигнала треугольной формы. При слишком малом сопротивлении этого резистора амплитуда сигнала уменьшается, а при слишком большом сопротивлении генерация прекращается. Чтобы налаживание сделать более наглядным, на время налаживания можно увеличить частоту генерации для того, чтобы увидеть форму сигнала при устойчивой синхронизации (**рис. 4**). Для этого надо установить перемычки S1 и S2. В этом случае ток зарядки и разрядки будет определяться в основном сопротивлением резистора R5. После подборки резистора R4 следует убедиться в работоспособности устройства во всём интервале питающего напряжения. При желании частоту импульсов можно изменить подборкой резистора R6 или конденсатора C3 (при увеличении сопротивления или ёмкости частота уменьшается).

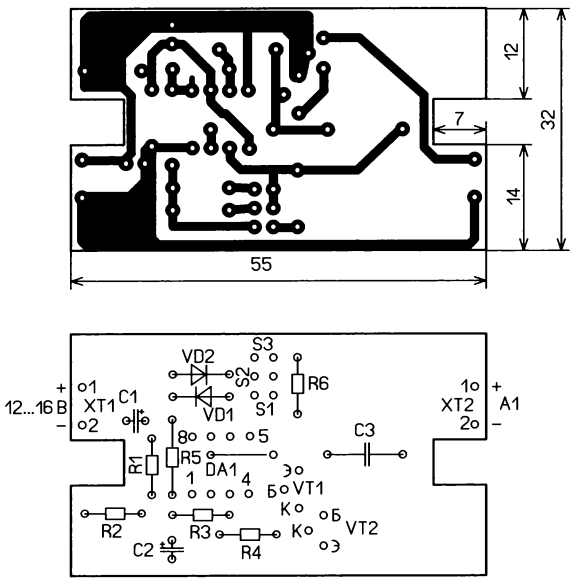


Рис. 5

Все элементы устройства размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, чертёж которой показан на **рис. 5**. Её размеры и форма выбраны исходя из используемого корпуса. Применены постоянные резисторы МЛТ, С2-23 или импортные, оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные, конденсатор C3 — керамический или плёночный. ОУ можно применить любой из серии хх358х в корпусе DIP8, диоды — серий КД521, КД522, 1N4148. Транзистор VT1 — любой из серии КТ3107, транзистор VT2 — любой из серий КТ816, КТ818 в пластмассовом корпусе. Перемычки (джамперы) S1—S3 — серии KLS или аналогичные, сделать их можно из прямого разъёма серии PLD2, XT1, XT2 — сдвоенные винтовые клеммники с расстоянием между выводами 5 мм. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 6**, а устройства в сборе — на **рис. 7**. Для разъёмов и перемычек в корпусе сделаны соответствующие вырезы. При напряжении питания 16 В максимальный потребляемый ток не превышает 300 мА при длине EL-провода 3 м.

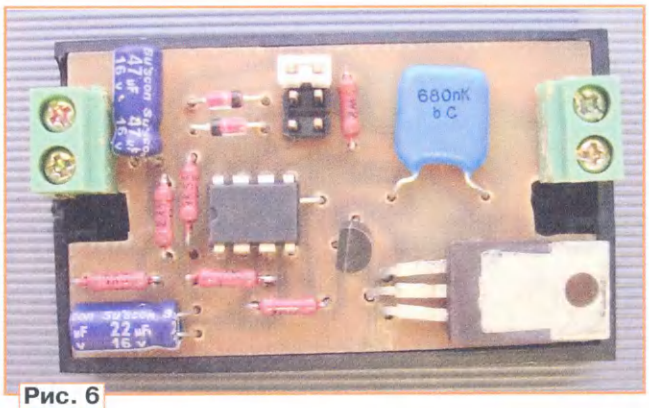


Рис. 6

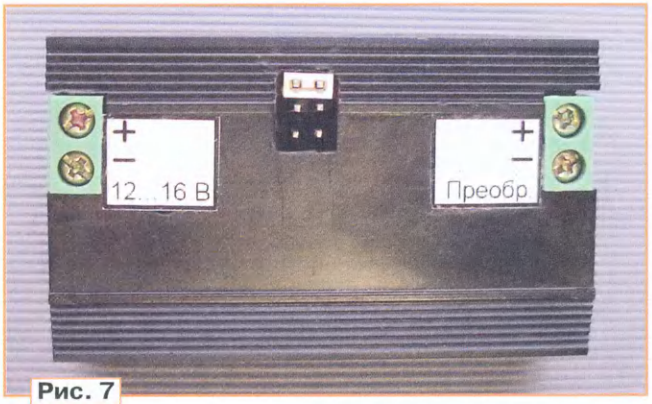
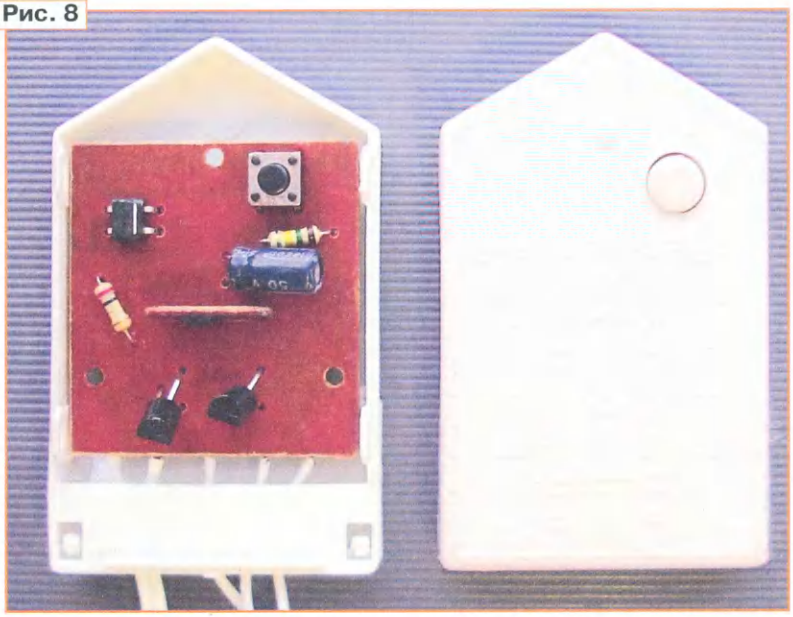


Рис. 7

Рис. 8



Свечение EL-провода можно сделать разнообразнее, если для управления его питанием применить специализированный драйвер или микросхему. Один из вариантов такого устройства можно изготовить на основе драйвера светодиодных ёлочных

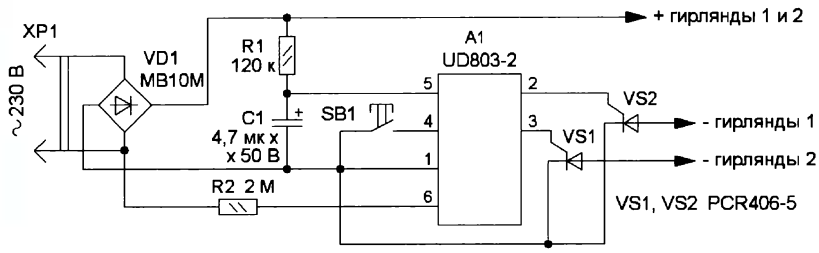


Рис. 9

гирлянд, которые доступны в Интернете и относительно недорогие. Если сама гирлянда вышла из строя, драйвер можно

на плате драйвера нет. Он предназначен для управления двумя светодиодными гирляндами и имеет восемь разных эффектов. Эффекты переключаются последовательно автоматически. Возможен также их выбор последовательными нажатиями на кнопку SB1. Гирлянды питаются напрямую от выпрямителя на диодном мосте VD1, а модуль A1 — через фильтр R1C1, при этом на-

случае сигналы на его выходах (выводы 2 и 3) можно использовать для управления транзисторами, подающими напряжение на преобразователь EL-провода.

Схема такого устройства управления показана на **рис. 10**. Элементы драйвера светодиодной гирлянды показаны синим цветом, дополнительные элементы управления EL-проводом — чёрным, а подключение второго EL-провода — красным. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор импульсов с частотой следования около 100 Гц, которые поступают на тактовый вход модуля A1. Питается преобразователь A2 EL-провода A3 от источника напряжением 12...16 В, который должен обеспечивать требуемый ток. Для питания микросхемы предназначен интегральный стабилизатор напряжения 5 В на микросхеме DA1. Тиристоры с платы драйвера гирлянды удаляют, после этого амплитуда выходных

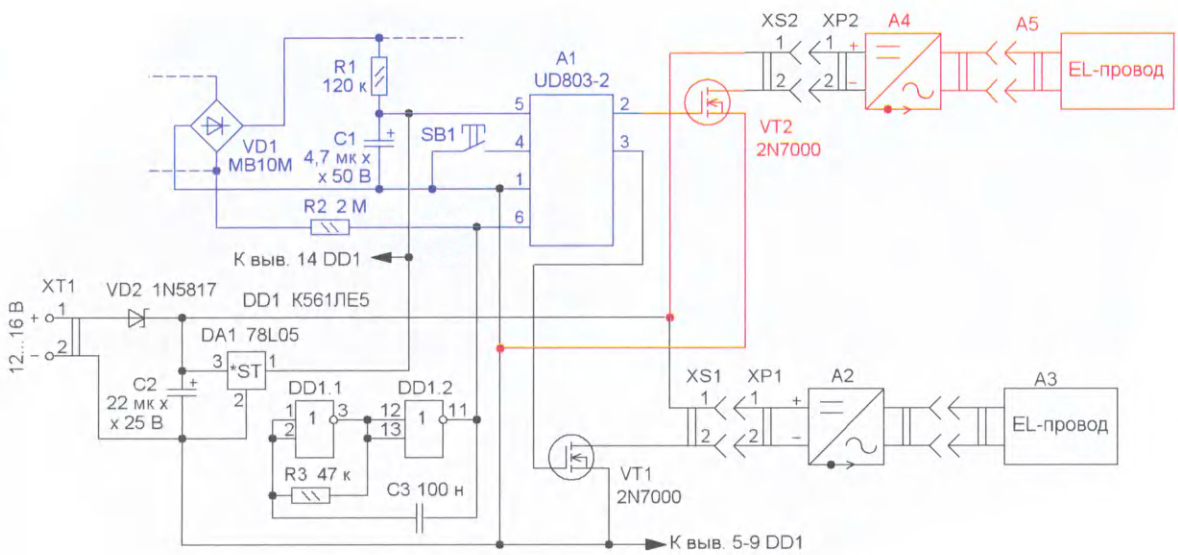


Рис. 10

использовать, но при желании и исправную гирлянду можно "разобрать на запчасти", сделав её светящейся постоянно, а драйвер использовать для управления EL-проводом.

Вариант такого драйвера показан на **рис. 8**. Его основой является модуль, собранный на малогабаритной печатной плате с маркировкой UD803-2. Схема драйвера показана на **рис. 9**, нумерация элементов произвольная, поскольку маркировки

пряжение на конденсаторе C1 — около 4,5 В. Питание на гирлянды подают тиристоры VS1, VS2. Тактовый сигнал, который управляет модулем A1, поступает на вывод 6 модуля через резистор R2 непосредственно от сети 230 В.

Модуль A1 можно "заставить" работать при напряжении питания 5 В в своём штатном режиме, если на его вывод 6 подать тактовый сигнал. Для этого можно использовать простейший генератор импульсов. В этом

сигналов на выводах 2 и 3 модуля A1 увеличивается до напряжения питания (5 В). Этого вполне достаточно для управления большинством полевых транзисторов, в том числе и мощных. Если преобразователь EL-провода потребляет ток не более 0,2 А, можно применить транзистор 2N7000, если до 0,3 А, подойдёт транзистор BS170. При большем потребляемом токе можно применить транзистор серий IRFZ30, IRFZ40 или аналогич-

ные. При этом надо убедиться, что при напряжении на затворе 5 В применённый транзистор обеспечивает требуемый ток. С платы драйвера гирлянды также можно удалить резисторы и диодный мост, но можно их и оставить, они не мешают работе устройства.

Все дополнительные элементы размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5 мм. Чертёж платы показан на **рис. 11**. На неё можно установить как полевой транзистор серии BS170, так и серии IRFZ30. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-23 или импортные, оксидный конденсатор — К50-35 или импортный, конденсатор С3 — керамический К10-17 или импортный. Диод VD2 припаян со стороны печатных проводников. Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 12**. Её, а также плату драйвера гирлянды размещают в корпусе подходящего размера и соединяют отрезками изолированного монтажного провода. Для подключения блока питания и преобразователя EL-провода можно применить клеммники или разъёмы подходящей конструкции.

Следует отметить, что в продаже есть комплекты для тюнинга салона автомобиля с EL-проводом и преобразователем (инвертором) с напряжением питания 5 В, снабжённые USB-разъёмом [4] (**рис. 13**). При использовании такого комплекта напряжение питания 5 В подают непосредственно на конденсатор С2 (см. рис. 10), стабилизатор напряжения DA1 не устанавливают и питание на модуль А1 и микросхему DD1 подают с "+" конденсатора С2.

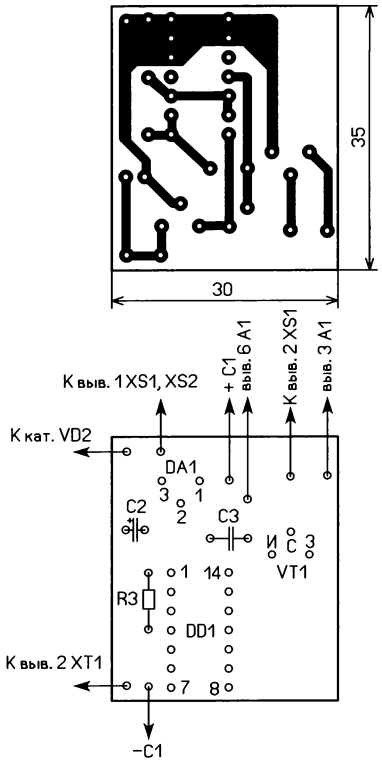


Рис. 11

Но при штатном напряжении питания 5 В яркость свечения EL-провода может быть недостаточной. Для повышения яркости напряжение питания можно увеличить до 8...9 В. В этом случае стабилизатор напряжения надо оставить, от него запитать драйвер ёлочных гирлянд. При использовании двух инверторов для двух EL-проводов, драйвера и устройства управления их можно разместить в корпусе размерами 70×95×25 мм (**рис. 14**), закрепив с помощью секундного клея. Если применить транзисторы 2N7000 или BS170, их можно установить на плату драйвера ёлочных гирлянд взамен тиристоров. Для подключения блока питания напряжением 8...9 В установлен отдельный разъём.

Такое устройство от блока питания напряжением 9 В потребляет ток до 330 мА при длине EL-проводов по 2 м, при этом инверторы и полевые транзисторы нагреваются незначительно. При длине EL-проводов 5 м потребляемый ток увеличивается до 600 мА, поэтому инверторы и полевые транзисторы разогреваются сильнее, но в допустимых пределах.

EL-проводу можно придать любую форму, чтобы сделать его более гибким, можно ножницами аккуратно отрезать ленточный выступ для крепления. Размещают EL-провод на листе картона или другого доступного изоляционного материала. Закрепить можно с помощью прозрач-

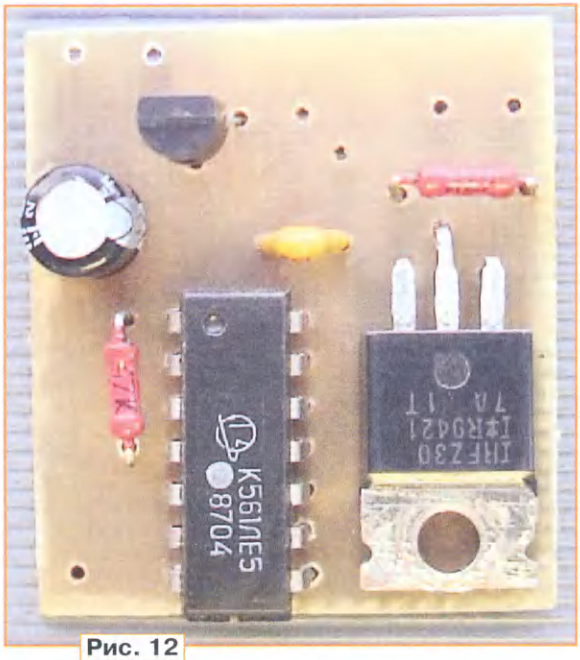
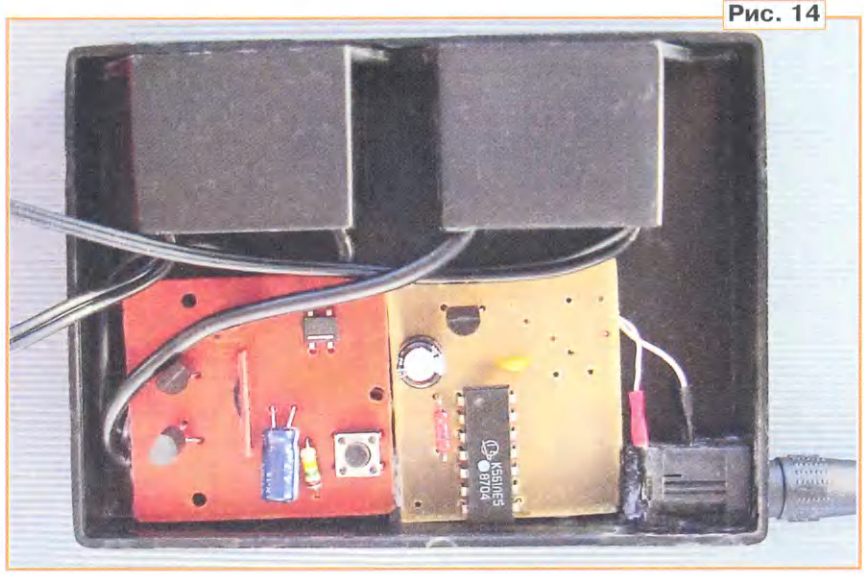


Рис. 12

Рис. 13

Рис. 14



ного термоклея. Так можно сформировать, например, цифру дня рождения, годовщины свадьбы или нового года. Для того чтобы затемнить участок EL-провода, можно применить непрозрачный материал, например чёрную изоляционную ленту. Для ёлочной гирлянды желательно использовать EL-провод длиной несколько метров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электролюминесцентный провод. — URL: **https://clck.ru/3GPsC6** (14.04.25).

2. Использование холодного неона — люминесцентного провода. — URL: **https://clck.ru/3GPsDy** (14.04.25).

3. Монтаж и схемы подключения гибкого неона. — URL: **https://clck.ru/3GQSsJ** (14.04.25).

4. Светодиодная лента, неоновая подсветка салона NEON24 равномерная 2 метра, синяя. — URL: **https://clck.ru/3GX22Q** (14.04.25).

От редакции. *Чертежи печатных плат находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/neon.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вариант низковольтной сирены — имитатора звуков

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Впереди лето и школьные каникулы, и детям очень захочется "выпустить пар"... Очень неплохим подспорьем в этом являются всякие звуковые игрушки, в частности, звуковые сирены и имитаторы звуковых эффектов.

Для своих двух друзей-школьников возраста 12 лет их подружка (родственница автора статьи) попросила изготовить два одинаковых самодельных устройства типа звуковой сирены или имитатора звуков, похожих на [1].

Было желательно низковольтное напряжение питания устройства (2...3 В) вследствие наличия готового стандартного батарейного отсека для двух последовательно соединяемых элементов питания типоразмера АА или ААА, поскольку в качестве корпусов этих двух устройств планировалось использование двух одинаковых неисправных пультов дистанционного управления (ПДУ). Поскольку печатные платы предполагаемых к переделке бывших ПДУ были односторонними с посадочными местами только под небольшую микросхему, резистор, оксидный конденсатор и ИК-диод, возникла необходимость изготовления дополнительных печатных плат размерами не более 110×40 мм, чтобы такая плата уместилась в корпусе устройства. Причём общая высота такой печатной платы с учётом размещённых на ней деталей должна быть не более 8 мм, чтобы используемый корпус бывшего ПДУ мог без проблем закрываться на защёлки.

Все вышеуказанные требования накладывали некоторые ограничения на схемотехнику предполагаемого конструируемого устройства, поскольку применение микросхем однозначно исключалось вследствие применения низковольтного источника питания (2...3 В). Следовательно, требовалась схема на транзисторах, причём обязательно кремниевых, вследствие как их малых габаритов, так и сравнительно больших коэффициентов усиления.

Схема такого низковольтного звукоизлучающего устройства была найдена в журнале "Радио" [2]. Поскольку в авторском варианте этого устройства использовались давно устаревшие и слишком крупногабаритные германиевые транзисторы серии МП, конструкция устройства была немного доработана как с учётом использования малогабаритных кремниевых транзисторов, так и с целью расширения диапазона воспроизводимых устройством звуковых эффектов.

Схема доработанного устройства представлена на **рис. 1**. Принцип работы такого устройства и его особенности описаны в [2].

Устройство, собранное по прилагаемой схеме, работает так. При нажатии на кнопку SB7 "Вкл." её нормально разомкнутые кон-

такты замыкаются, и напряжение питания положительной полярности через резистор R10 поступает на затвор полевого транзистора VT5, а также на верхний вывод резистора R11 и плюсовой вывод конденсатора C7. Транзистор VT5 открывается, и на левую по схеме часть устройства подаётся напряжение питания. Устройство включается, симметричный мультивибратор на транзисторах VT1 и VT2 и генератор тона на транзисторах VT3 и VT4 начинают работать, и звуковой излучатель HA1 издаёт звук, тональность и звуковой эффект кожим с потребляемым током, близким к нулю.

Как уже отмечено выше, тональность и вид звукового эффекта зависят как от положения движка переменного резистора R7, так и от нажатия на кнопки SB1—SB6. Следует также учесть, что тональность и громкость звукового эффекта также в значительной мере зависят от напряжения питания устройства и при разрядке батареи GB1 будут изменяться. Конденсатор C4 (см. рис. 1) защищает мультивибратор от импульсов, проникающих от генератора тона.

монтажа. На месте транзистора VT4 желательно использовать кремниевый транзистор структуры n-p-n с коэффициентом передачи тока не менее 200, с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 10 В и максимальным током коллектора не менее 150 мА. В случае возможного нагревания транзистора VT4 его следует заменить более мощным, например KT972A.

Вместо транзистора КП504А (VT5) можно использовать любой малогабаритный n-канальный полевой транзистор с максималь-

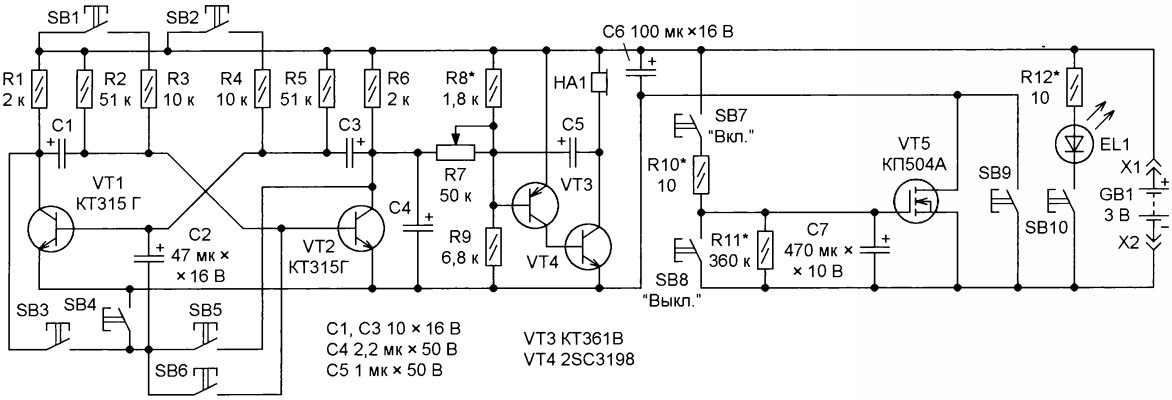


Рис. 1

торого зависят как от положения движка переменного резистора R7, так и от нажатия на кнопки SB1—SB6. При отпускании кнопки SB7 её контакты возвращаются в исходное положение (размыкаются), но транзистор VT5 остаётся открытым за счёт напряжения на конденсаторе C7. Когда конденсатор C7 ориентировочно через три минуты разрядится через резистор R11, транзистор VT5 закроется, и устройство перейдёт в дежурный режим с потребляемым током, близким к нулю. По крайней мере, используемый при измерении тока цифровой мультиметр на пределе измерения 200 мкА ничего, кроме нулей, не показал.

При необходимости продлить работу устройства следует повторно нажать на кнопку SB7 "Вкл.". В случае срочной необходимости выключить устройство следует нажать на кнопку SB8 "Выкл.". Конденсатор C7 разряжается через замкнутые контакты кнопки SB8, транзистор VT5 закрывается, устройство отключается от минусовой линии питания и переходит в дежурный ре-

Сверхъяркий светодиод EL1 реализует дополнительный режим работы "Фонарь", не зави-

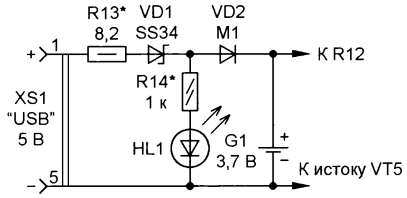


Рис. 2

сящий от включения таймера устройства. Для кратковременного включения устройства или в случае сильной разрядки батареи GB1, когда не хватает уровня управляющего напряжения для открытия транзистора VT5, следует использовать кнопку SB9.

В устройстве на месте транзисторов VT1, VT2 и VT3 можно использовать любые маломощные кремниевые транзисторы соответствующей структуры, с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 10 В и максимальным током коллектора не менее 50 мА, в том числе для поверхностного

ным допустимым напряжением затвор—исток не менее 5 В, пороговым напряжением не более 2...2,5 В, максимальным током стока не менее 250 мА, желательно с минимальным сопротивлением канала в открытом состоянии. На месте транзистора VT5 можно использовать любой из серий КП504—КП505 или аналогичный импортный, в том числе для поверхностного монтажа (например, AO3400A).

HA1 — малогабаритный электромагнитный звуковой излучатель AC-1205G сопротивлением 50 Ом.

Постоянные резисторы — МЛТ мощностью 0,125 или 0,25 Вт, или аналогичные импортные. Переменный резистор R7 — малогабаритный марки RV09.

Подборкой резистора R11 можно регулировать длительность работы таймера. Сопротивление токоограничивающего резистора R12 выбирают исходя из оптимальной яркости свечения используемого сверхъяркого светодиода и с таким расчётом, чтобы ток через такой светодиод не превысил допустимого значения.

Налаживание устройства заключается, в основном, в подборке резистора R8 с таким расчётом, чтобы обеспечить устойчивую работу устройства в пределах интервала напряжения используемого источника питания. В данном случае резистор R8 был подобран так, чтобы устройство устойчиво включалось и функционировало при напряжении питания 2...3,4 В. Для устойчивого включения устройства при минимальном напряжении питания 2 В в случае повышенного внутреннего сопротивления батареи элементов, возможно, также придётся подобрать резистор R10 или заменить его перемычкой.

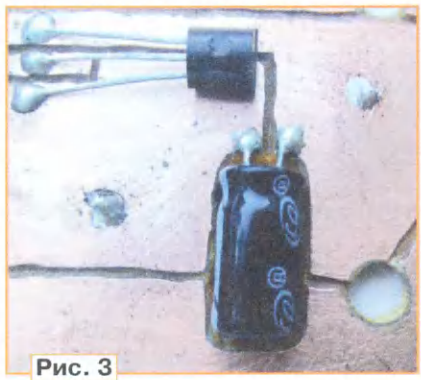


Рис. 3

Если позволяют размеры используемого корпуса, можно значительно увеличить время работы устройства, применив в качестве источника питания литий-ионный аккумулятор типоразмера 18650 ёмкостью 1800...2200 мА•ч. Схема приставки к сетевому зарядному устройству и схема подключения такого аккумулятора показаны на **рис. 2**. Нумерация элементов продолжает начатую на рис. 1.

При подключении к разъёму XS1 сетевого зарядного устройства с выходным напряжением 5 В и током не менее 1 А производится зарядка аккумулятора G1. Загорается индикаторный светодиод HL1, показывающий подключение сетевого зарядного устройства. Для ограничения максимального зарядного тока в случае глубокой разрядки аккумулятора установлен токоограничивающий резистор R13.

Рис. 4

Вместо диода M1 (VD2) можно применить любой из серии M2...M7 (для поверхностного монтажа), любой из серии 1N400x (UF400x) или подобный с максимальным током не менее 1 А и падением напряжения 450...550 мВ. В случае нагревания диода VD2 его следует заменить более мощным. На месте диода с барьером Шоттки вместо SS34 (VD1) можно применить любой из серий SS12...SS19, SS22...SS29 и им подобный для поверхностного монтажа, а если есть достаточно свободного места на плате и в используемом корпусе, то применить 1N5817, 1N5818, 1N5819, SB140A или подобный с максимальным током не менее 1 А и падением напряжения 150...200 мВ. В случае нагревания используемого диода VD1 его следует заменить более мощным. Способ подборки диодов VD1 и VD2 указан в [3]. Так, например, для зарядки аккумулятора BL4011 с номинальным напряжением 3,7 В и паспортной ёмкостью 1,28 А•ч током 200 мА были подобраны диоды для поверхностного монтажа SS12 (VD1) и диод с маркировкой F4 6J (VD2) с суммарным падением напряжения 576 мВ.

Гнездо для подключения зарядного устройства — любое под имеющийся штекер используемого сетевого зарядного устройства. На рис. 2 указаны номера контактов гнезда USB Type-B micro, как наиболее распространённого в настоящее время и подходящего для подключения большинства сетевых зарядных устройств от сотовых телефонов, смартфонов и планшетов с выходным напряжением 5 В. Информацию по цоколёвке различных гнёзд и штекеров USB 2.0 можно посмотреть в Интернете [4, 5].

Устройство собрано в корпусе с печатной платой от ПДУ. В этом корпусе также размещена дополнительная печатная плата размерами 110× 40 мм, промежутки между печатными проводниками которой вырезаны с помощью микродрели с малым стоматологическим бором. Толщина такой дополнительной печатной платы уменьшена на 1 мм при обработке её диэлектрической части крупной наждачной бумагой. Чтобы конденсатор C7 (см. рис. 1) поместился в промежуток между платами, в этой дополнительной печатной плате было вырезано прямоугольное отверстие для "утапливания" этого конденсатора (**рис. 3** и **рис. 4**).

В качестве кнопок SB1—SB8 и SB10 (см. рис. 1) были использованы кнопки бывшего ПДУ. Контакты этих кнопок соединены с дополнительной печатной платой тонкими многожильными проводами МГТФ. Вследствие некоторого сопротивления токо-

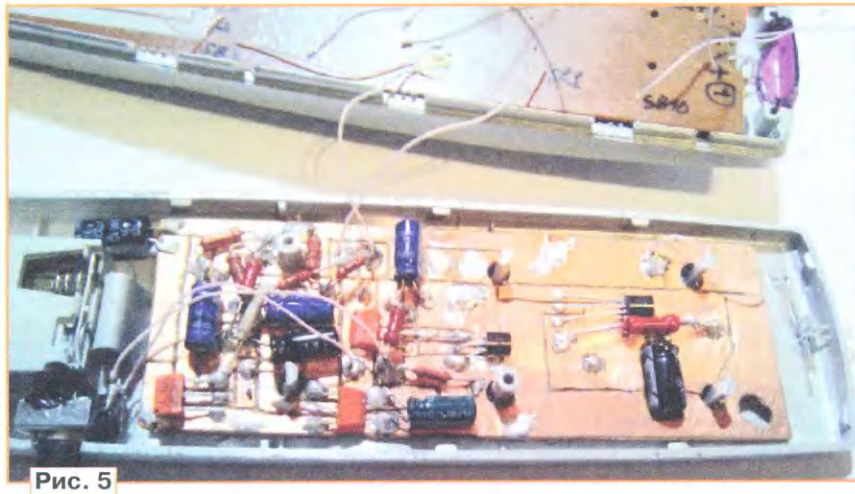


Рис. 5

проводящего материала используемых кнопок ПДУ (ориентировочно 200...500 Ом) резисторы R10 и R12 были заменены перемычками, а кнопка SB9 была отключена, поскольку не давала нужного эффекта. Если же необходимо функционирование кнопки SB9, то в качестве такой следует применить тактовую кнопку с нормально разомкнутыми контактами (с "нулевым" сопротивлением контактов и коротким толкателем). Такую кнопку можно установить на передней пластиковой панели устройства, вплавив с помощью паяльника её выводы в предварительно просверленные отверстия и соединив эти выводы с дополнительной печатной платой тонкими многожильными проводами МГТФ.

Детали устройства монтировались навесным монтажом непосредственно к расположенным сверху печатным проводникам используемой дополнительной печатной платы. Звуковой излучатель HA1 закреплён на передней панели ПДУ путём вплавления его выводов в пластиковый корпус с помощью паяльника. Эти выводы соединены с дополнительной печатной платой проводами МГТФ. Сверхъяркий светодиод EL1 фонаря для лучшего освещения вынесен на передний торец корпуса бывшего ПДУ. Для облегчения вставки выводов звукового излучателя HA1 и выводов светодиода EL1 в пластиковый корпус ПДУ под эти выводы просверлены отверстия тонким сверлом диаметром 0,8 мм. Переменный резистор R7 закреплён термоклеем в промежутке между батарейным отсеком и боковиной корпуса и соединён с дополнительной печатной платой проводами МГТФ. Движок этого резистора выведен на боковую часть корпуса устройства. Крепёж дополнительной печатной платы осуществляется с помощью силы трения между отверстиями на дополнительной печатной плате и пластиковыми стойками нижней части корпуса бывшего ПДУ. Если же силы трения для удержания дополнительной печатной платы на месте не хватает, следует использовать клей на резиновой основе или термоклей. Вид на монтаж дополнительной печатной платы показан на **рис. 5**.

Немного о характере звуковых эффектов, издаваемых этим устройством. Если установить движок переменного резистора R7 в крайнее правое по схеме положение (см. рис. 1), то устройство издаёт звук двухтональной сирены. По мере перемещения движка переменного резистора R7 влево будет изменяться тональность сирены. Если переместить движок переменного резистора R7 влево приблизительно на 90...95 %, можно добиться звукового эффекта "мяу" или имитации кряканья утки. В крайнем левом по схеме положении движка переменного резистора R7 устройство будет издавать звуковой эффект подскакивающего шарика, причём при окончании работы таймера устройство может выдать не передаваемый словами многоголосный звуковой эффект.

Рис. 6

Нажатием на кнопки SB1—SB6 можно значительно разнообразить издаваемые устройством звуковые эффекты. Так, при нажатии на кнопку SB1 увеличивается частота переключения тональности, а при нажатии на кнопку SB1 и одновременном подборе положения движка переменного резистора R7 можно добиться звукового эффекта стреляющего пулемёта. При нажатии на кнопку SB2 или SB5 уменьшается частота переключения тональности. При нажатии на кнопку SB3 или SB6 и одновременном подборе положения движка переменного резистора R7 можно добиться звукового эффекта щебетания птиц. При нажатии на кнопку SB4 и одновременном подборе положения движка переменного резистора R7 можно добиться звукового эффекта автомобильного сигнала. Возможно, для получения какого-либо особенного звукового эффекта потребуется установить в разрыв провода, идущего к контактам кнопок SB3—SB6, дополнительный резистор сопротивлением 200...1500 Ом и (или) подобрать сопротивление резисторов R3 и R4. В предлагаемом устройстве в качестве таких дополнительных резисторов выступали используемые кнопки ПДУ с некоторым сопротивлением токопроводящего материала их контактов.

Устройство в сборе показано на **рис. 6**. При длительных перерывах в работе устройства следует обязательно вынуть из батарейного отсека элементы питания во избежание их возможного протекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шумилов А.** Вариант многоголосного имитатора звуков. — Радио, 2024, № 10, с. 48—50.

2. **Аристов А.** Двухтональный звонок. — Радио, 1977, № 2, с. 56.

3. **Шумилов А.** Вариант устройства для проверки ПДУ. — Радио, 2023, № 4, с. 13—15.

4. Распиновка разъёмов USB 2.0. — URL: **http://rones.su/techno/usb.html** (01.04.25).

5. Распиновка USB-разъёмов для зарядки телефонов. — URL: **https://2shemi.ru/raspinovka-usb-razemov-dlya-zaryadki-telefonov** (01.04.25).

Аналоговые часы-ночник на светодиодных модулях WS2812B

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Предлагаемая вниманию читателей статья продолжает тему декоративной светодиодной подсветки, изложенную автором в [1]. Теперь светильник-ночник несёт ещё одну полезную функцию — показывает время. В основу конструкции были взяты идеи из интернет-публикаций [2—4]. Кольца на 12 и 60 светодиодных модулей заменены отрезками лент различного размера и шага размещения этих модулей (**рис. 1**). Верхнее кольцо имеет маркировку WS2812B black PCB 60 IP30 и содержит 60 светодиодных модулей на метр, нижняя — TNALANT WS2812B RGBIC содержит 160 светодиодных модулей на метр. Ширина лент — 10 мм и 2,7 мм соответственно.

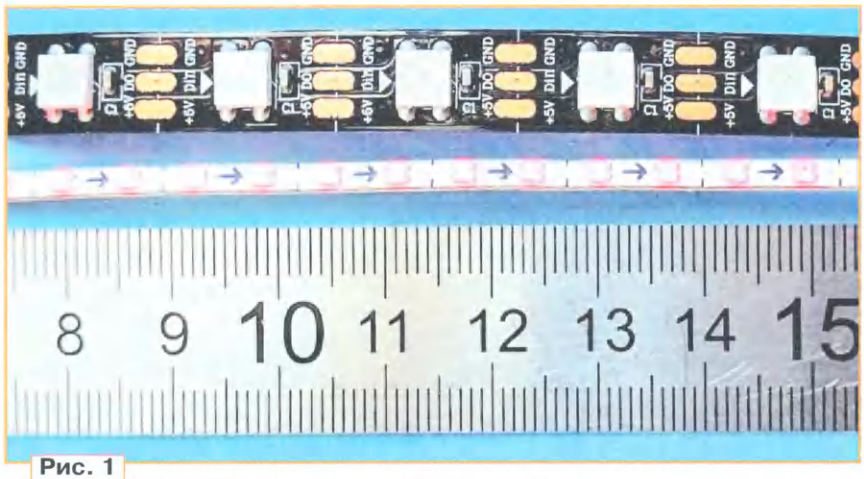


Рис. 1

Обе ленты на обратной стороне имеют клеевое покрытие и удобны при фиксации на гладких поверхностях.

Схема часов показана на **рис. 2**. Ленты имеют индивидуальные подключения (выводы 6, 7) к модулю Arduino Uno и питаются от сетевого адаптера (зарядного устройства) с выходным напряжением 5 В, потребляемый ток — около 500 мА. Модуль A1 — это часы реального времени (полное название — по микросхемам в составе модуля: DS3231, AT24C32 IIC Precision RTC в реальном времени ZS-042 для Arduino). Для его успешной работы в ночнике необходимо предварительно установить в модуле элемент питания CR2032 с номинальным напряжением 3 В. А затем, используя скетч из библиотеки DS3231.h - set_ echo_.ino, установить значения текущего времени: дату, час, минуту и секунду. И далее можно переходить к опытам с лентами.

На **рис. 3** представлен внешний вид макета светильника. Элемент 1 — внешнее кольцо диаметром 120 мм имеет прямоугольные окна-вырезы для обозначения минутных и секундных

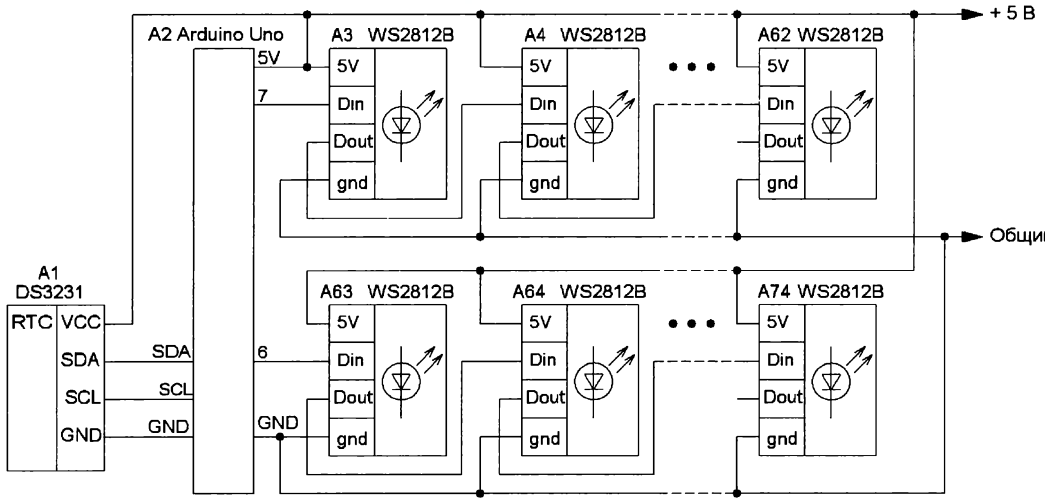


Рис. 2

меток циферблата. Внутренний круг 2 содержит фигурные прорези в виде цифр с обозначением чисел 1—12 для указания свечением сектора текущего часа. В боковых поверхностях печатных деталей имеются прорези 3 для вывода питающих и сигнального проводов. В качестве светорас-

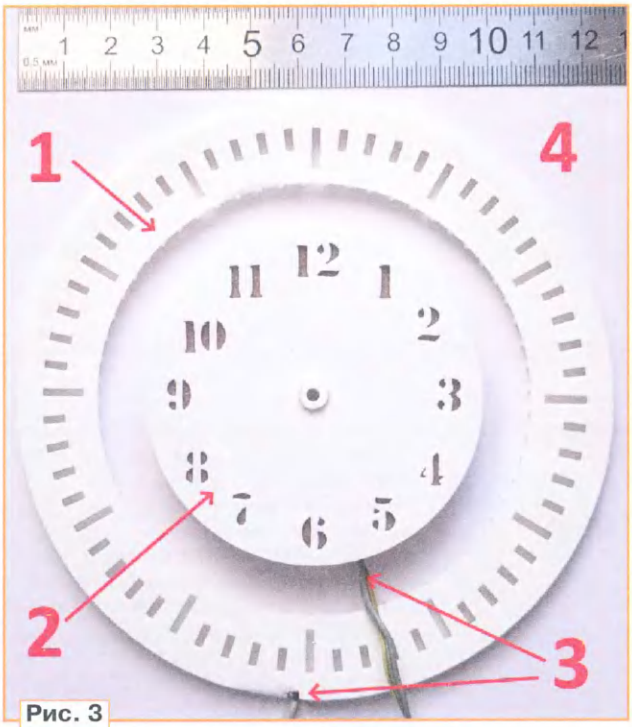


Рис. 3

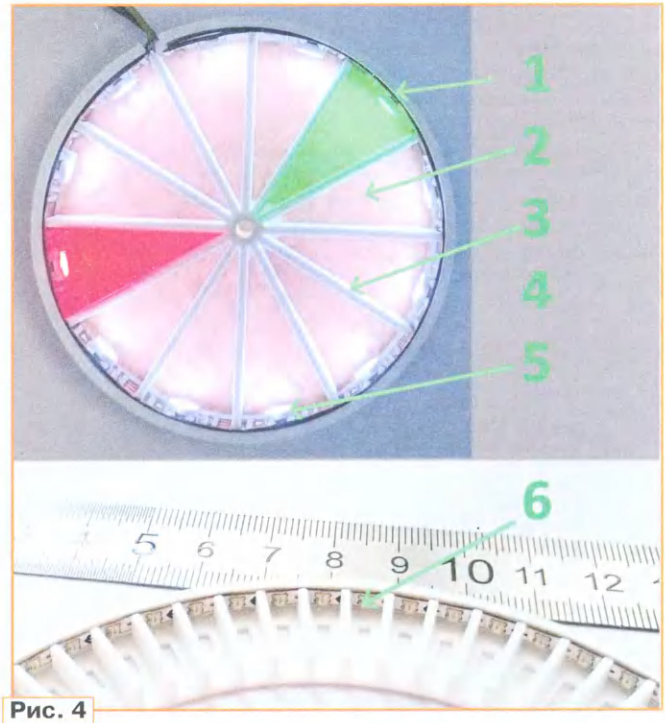


Рис. 4

сеивающей подложки использован лист белой бумаги 4. На **рис. 4** показана обратная сторона элементов часов. По внутренней поверхности обода 1 приклеена лента 5 (A63—A74) против часовой стрелки от проводов. Затем укладывается круг из пергаментной бумаги 2. Он предотвращает боковую засветку светодиодов через прорези цифр, одновременно придавая цвету свечения оттенок цвета бумаги. Сверху вставляют разделитель секторов 3. Ленту 6 (A3—A62) просто укладывают вдоль обода внешнего кольца, без съёма защитной бумажной полосы с клеящего слоя ленты.

На начальном этапе (**рис. 5**) опыты проводились с внутренним кругом (светодиодные модули A3—A62 отключены). Самый очевидный вариант указания времени — использование движения трёх разноцветных секторов (изображение 1). Красный показывает полное число прошедших часов, зелёный — минут (с шагом в 5 мин), голубой — число секунд, кратное пяти. При наслоении секторов приоритет в свечении имеет красный цвет, затем зелёный. Такой вариант легко читается, но имеет недостаток — считываемое число минут и секунд кратно пяти. Вариант 2 лишён этого недостатка, но трудночитаем. Секундный сектор перемещается по циферблату, меняя яркость свечения соседних секторов. Яркость сектора с меньшим числом убывает, с большим — возрастает. Визуально это воспринимается как плавное движение размытого сектора по кругу. Минутный сектор меняет с каждой минутой цвет от зелёного к жёлтому через пять ступеней.

Рис. 5

Рис. 6

На **рис. 6** показан внешний вид свечения двух лент в разное время суток. 1 — вид ночника в вечернее время при естественном солнечном свете внутри помещения. Центральное изображение получено после заката (время — 21:49:17) при искусственном освещении. Изображение 3 соответствует естественному освещению ранним утром (время — 05:42:19).

Для создания трёхмерных моделей элементов светильника автор использовал OpenSCAD с основным инструментом методом экструзия. Эта система позволяет создавать предмет с фиксированным профилем поперечного сечения. OpenSCAD предоставляет две команды для создания 3D-тел из 2D-формы: **linear_extrude() и rotate_extrude()**.

В качестве базы профиля удобно использовать чёрно-белые картинки, конвертируя их предварительно в векторный формат с расширением файла **svg**.

При печати были использованы следующие настройки принтера: высота слоя — 0,2 мм; ширина линии — 0,4 мм; плотность заполнения — 20 %; поддержка — да; температура сопла — 190 °C; температура стола — 50 °C; тип прилипания к столу — кайма.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мамичев Д.** Декоративное светодиодное освещение. — Радио, 2025, № 5, с. 60—63.

2. Необычные часы на WS2812B и Arduino. — URL: **https://clck.ru/3LVgMP** (17.04.25).

3. Классные самодельные настенные светодиодные часы на arduino. — URL: **https://clck.ru/3LVgVM** (17.04.25).

4. Светодиодные часы на Arduino и светодиодах WS2812b. — URL: **https://clck.ru/3LVgcN** (17.04.25).

От редакции. *Файлы проекта находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2025/06/clock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Ответы на викторину "Платы расширения Adafruit"

("Радио", 2025, № 5, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. **Ответ — 1.** Датчик отражения TCRT1000 фирмы Vishay содержит излучающий ИК-светодиод и приёмный ИК-фототранзистор, расположенные аксиально на расстоянии 2,5 мм друг от друга. При наличии препятствия (шторка, палец) отражённое излучение приводит к открыванию фототранзистора. Эффективное расстояние отражения — 0,2...4 мм.

Если подстроечным резистором R5 выставить ток через ИК-светодиод 100 мА, то на резисторе R2 будет рассеиваться мощность $0{,}1^2 \cdot 33 = 0{,}33$ Вт. Следовательно, типоразмер резистора должен быть 1210, что соответствует мощности 0,5 Вт [1]. Реально в ПР фирмы Adafruit установлен резистор R2 типоразмера 0805 (0,125 Вт), который следует заменить более мощным.

Важное замечание. Разработчик указывает интервал 10...100 мА без привязки к питающему напряжению VIN. Технически это неверно, поскольку при VIN = 5 В расчёты показывают интервал 16...100 мА, а при VIN = 3 В — 8...46 мА.

2. **Ответ — 1.** Беспаечные макетные платы Breadboard были запатентованы в 1971 г. Рональдом Португалом (Ronald J. Portugal). Название Breadboard (дословно "хлебная доска") должно было, по задумке автора, напоминать о тех далёких временах, когда радиолюбители макетировали устройства на... кухонных досках, в которые забивались гвозди, образующие каркас вместе с монтажной проволокой [2].

Фирма Adafruit широко применяет в обучающих видеороликах платы Breadboard с разным числом отверстий (Large, Classic, Half, Mini). Вместе с тем она разработала модифицированные варианты "макеток" Perma-Protos, которые по внешнему виду, числу отверстий и соединению проводников с обратной стороны соответствуют классическим Breadboard, но требуют запайки радиоэлементов на плату. Это позволяет при сборке использовать схемы соединений проводников Breadboard и получать механически надёжную и долговечную конструкцию.

3. **Ответ — 0.** Плата Adafruit TCA4307 Hot-Swap I2C Buffer предназначена для устранения зависаний на шине I^2C при высоком уровне помех и "горячем" включении (отключении) удалённых устройств. Микросхема TCA4307 фирмы Texas Instruments автоматически отключает шину I^2C со стороны микроконтроллера (МК), если в течение 40 мс будет обнаружен лог. 0 сигналов SCL или SDA. Кроме того, микросхема TCA4307 обеспечивает двунаправленную буферизацию, сохраняя допустимую ёмкость нагрузки при напряжении питания 3...5 В.

Также в ПР доступны два вспомогательных сигнала, а именно EN, низким уровнем которого можно принудительно отключить шину I^2C, и Ready, который информирует о готовности к работе.

4. **Ответ — 1.** Микросхема HX711 фирмы AVIA Semiconductor содержит 24-разрядный дельта-сигма АЦП, предназначенный для работы с датчиками, измеряющими сверхмалые изменения параметров, например веса, перемещения, изгиба. На вход подаются дифференциальные сигналы INA+, INA– (первый канал, ±20...40 мВ), INB+, INB– (второй канал, ±80 мВ). Коэффициент усиления разности сигналов в первом канале — 64 или 128, во втором — 32. Оцифрованные выборки транслируются в МК через двухпроводной интерфейс с частотой 10...80 Гц, где математически преобразуются в физическую величину.

Как известно, в датчиках с "мостом Вина" три из четырёх резисторов имеют стабильные параметры, а один — изменяющееся сопротивление (**рис. 1**). В равновесном состоянии напряжение на диагонали моста равно нулю. При изменении параметра в большую или мень-

шую сторону это напряжение пропорционально изменяется с учётом знака. Поскольку АЦП один, а каналов два, то информация с двух датчиков будет обрабатываться последовательно во времени.

5 **Ответ — 0.** Дисплеи круглой формы применяются в рекламно-сувенирной продукции фирмы Adafruit. Это электронные светящиеся бейджи, наручные часы с компасом, портреты с "моргающими глазами" и т. д. Оригинальный внешний вид круглых дисплеев не даётся даром, они дороже по стоимости и сложнее в производстве.

Круглый дисплей в ПР фирмы Adafruit имеет диаметр 1,28 дюйма (3,25 см). Число светящихся точек рассчитывается исходя из ширины и высоты экрана 240 пикселей. Однако видимых точек будет не $240 \cdot 240 = 56700$ (квадратный экран), а меньше. С учётом формулы площади круга $\pi \cdot 240^2/4 = 45238$.

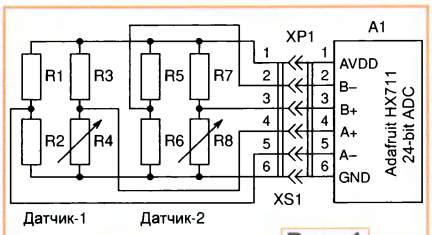


Рис. 1

Внутри дисплея находится контроллер GC9A01A, рассчитанный на квадратную матрицу 240×240 пикселей. Для программиста круглый экран является частным случаем квадратного экрана, где угловые сегменты будут невидимыми.

Чтобы понять, входит ли пиксель с координатами (X; Y) в видимую область круглого экрана, надо определиться с системой отсчёта. Зависит она от библиотеки функций. Нуль координат (0; 0) теоретически может находиться в любом месте, например в центре, но в библиотеке функций Adafruit_GC9A01A он занимает левый верхний угол [3].

Теперь пора вспомнить геометрию и воспользоваться проверкой условия принадлежности точки кругу $(X - D/2)^2 + (Y - D/2)^2 \le (D/2)^2$, где D — диаметр круглого экрана в пикселях; X, Y — координаты проверяемой точки относительно центра. В рассматриваемом случае $(20 - 240/2)^2 + (36 - 240/2)^2 > (240/2)^2$, следовательно, пиксель с координатами X = 20, Y = 36 находится вне зоны видимости.

6 **Ответ — 0.** Микросхема EMC2101 фирмы SMSC (входит в состав Microchip Technology) — это контроллер трёх- и четырёхвыводных вентиляторов с программируемым выходом импульсов Fan, входом сигналов тахометра Tach и внутренним измерителем температуры с точностью ±1 °C.

Дополнительно микросхема EMC2101 имеет выводы DP, DN для подключения внешнего полупроводникового датчика, что позволяет контролировать температуру непосредственно на охлаждаемом объекте. В качестве датчика в справочных данных микросхемы EMC2101 рекомендуются биполярные транзисторы в диодном включении. Если так, то можно использовать транзисторы как структуры NPN, так и PNP (**рис. 2**).

7 **Ответ — 1.** Stemma — это стандарт разъёмов фирмы Adafruit [4]. Трёхконтактные разъёмы используются в ПР с одним аналоговым сигналом или с однопроводным цифровым интерфейсом. Четырёхконтактные разъёмы ориентированы на шину I²C с информационными сигналами SCL, SDA, цепью питания V+ и общим проводом GND.

Стандарт Stemma был разработан в 2014 г. Его основой служат угловые и вертикальные разъёмы JST PH с расстоянием между выводами 2 мм. В 2017 г. фирма SparkFun представила свою экосистему разъёмов Qwiic для шины I²C с уменьшенным до 1 мм шагом выводов. Для совместимости с Qwiic фирма Adafruit стала применять разъёмы JST SH (шаг 1 мм) и ввела для них обозначение Stemma QT.

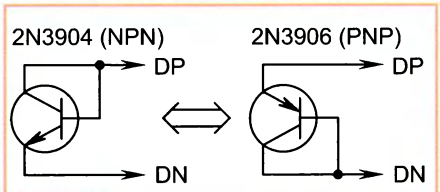


Рис. 2

На фотографии ПР Adafruit DACx578 — I2C DAC видны два четырёхконтактных разъёма JP1, JP2. Шаг выводов у них 1 мм, что нетрудно определить на глаз по внешнему виду, учитывая, что расстояния между круглыми отверстиями по длинным сторонам платы — 2,54 мм.

8 **Ответ — 0 или 1.** Adafruit Playground Classic — это отладочная плата, подобная Arduino, с МК ATmega32U4, с десятью светодиодами, зуммером, кнопками, датчиками движения, температуры, света, звука. Главная особенность — круглая форма печатной платы, совместимая с платформой Flora.

По краям платы располагаются контактные площадки, электрически соединённые с портами МК, цепями питания и пр. Но размер отверстий в площадках сделан гораздо больше, чем требуется для обычной пайки соединительных проводов.

Почему? Причина кроется в сфере применения — от носимых гаджетов и самодвижущихся роботов до деталей одежды и сувенирных значков. На **рис. 3** показан коллаж оригинальных конструктивных решений для больших отверстий, который показывает, что все ответы на вопрос викторины одинаково верные.

9 **Ответ — 0.** DS18B20 — это популярный у радиолюбителей цифровой 12-разрядный термодатчик с интервалом измерения температуры –55...+125 °C и погрешностью ±0,5...2 °C.

Фирма Adafruit выпускает несколько разновидностей водонепроницаемых термодатчиков на основе DS18B20. Главное отличие — тип соединительного кабеля.

Более дешёвые из них имеют кабели из ПВХ (поливинилхлорид) с небольшим температурным интервалом и подверженностью влиянию внешних факторов. От влаги такие датчики защищены, но реализовать измерение в полном интервале температур, доступном микросхеме DS18B20, не удастся.

Иное дело — дорогие кабели из PTFE (политетрафторэтилен), предназначенные для работы при температурах –190...+260 °C. Их можно погружать на большую глубину в жидкость вместе со стальной капсулой, внутри которой находится датчик DS18B20. Единственное ограничение, которое накладывает разработчик, — не рекоменду-

ется длительное пребывание (месяцы, годы) в слишком солёной воде или в коррозийной среде, поскольку нержавеющая сталь в конечном итоге тоже будет ржаветь!

Приведённую информацию надо учитывать при покупке любых других водонепроницаемых термодатчиков малоизвестных брендов, обязательно интересуясь материалом кабеля.

10. **Ответ — 1.** Микросхема INA228 фирмы Texas Instruments — это прецизионный цифровой I²C-монитор постоянного тока и мощности с 20-разрядным дельта-сигма АЦП, обеспечивающим точность измерения ±0,5 %.

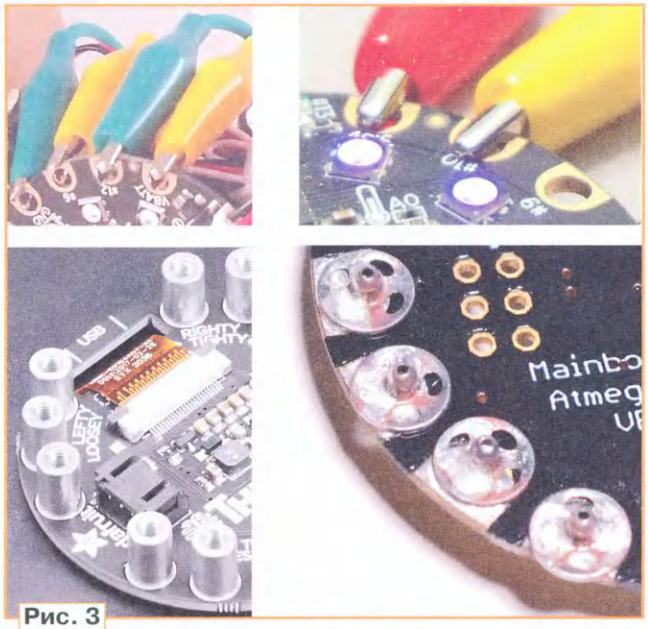


Рис. 3

Перемычка SJ1 отвечает за смену режимов [5]. В разомкнутом состоянии — Low-Side с заземлением входа VIN– (**рис. 4**,а), в замкнутом — High-Side с заземлением нагрузки RN1 (рис. 4,б). Напряжение +V не должно превышать 85 В. Интервал измерения тока зависит от сопротивления шунта R1.

Название VBUS никакого отношения к интерфейсу USB не имеет. Создатели микросхемы INA228, по-хорошему, должны были придумать другое название.

11. **Ответ — 0.** Микросхема MCP73831 фирмы Microchip Technology является линейным контроллером зарядки аккумуляторов (Li-Ion, LiPo) с использованием алгоритмов "постоянный ток — постоянное напряжение". Особенность — малогабаритный корпус SOT-23/5 с минимумом элементов обвязки и возможностью подключения к линии питания USB с соблюдением её спецификаций.

Для задания тока зарядки служит резистор R2. На полях схемы приведена таблица соответствия тока и сопротивления. В частности, текст "5.0K = 200mA" означает, что при выборе резистора R2 = = 5 кОм ток зарядки — 200 мА. В рассматриваемой схеме резистор R2 = 5,1 кОм, но номинальный ток всё равно можно считать равным 200 мА, поскольку он имеет технологический разброс ±10 %.

Напряжение ограничения зарядки зависит от разновидности микросхемы U2. Подсказка приведена на полях схемы, где указано её полное наименование MCP73831T-2ACI/OT. Цифра 2 в названии означает напряжение 4,2 В. Для цифр 3, 4, 5 напряжение ограничения составляло бы 4,35 В, 4,4 В и 4,5 В соответственно.

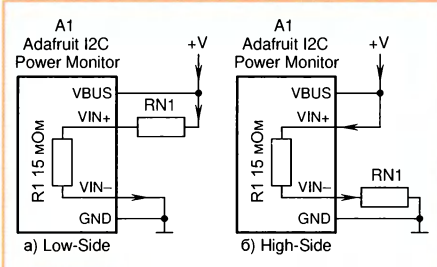


Рис. 4

12. **Ответ — 0.** Adafruit 2.9" e-Ink Display — это ПР с "чернильным" дисплеем E-Ink EPD0231 с диагональю экрана 2,9 дюйма (7,36 см). Для его нормальной работы требуются разнополярные питающие напряжения VGH (плюс) и VGL (минус).

Формируются они повышающим преобразователем напряжения DC/DC, который собран на ключевом транзисторе Q5 и накопительном дросселе L1. Коммутирующие импульсы GDR и сигнал обратной связи RES поступают из контроллера дисплея. Элементы D3, C3 входят в канал напряжения +13...16 В, элементы D1, D2, C4, C5 — в канал напряжения –13...16 В.

Моделирование работы преобразователя DC/DC в среде Micro-Cap 12.2.0.5 (**рис. 5**) показывает, что при равных сопротивлениях нагрузки RN1, RN2 плюсовое напряжение VGH примерно на 0,6 В больше по абсолютной величине, чем минусовое VGL. Но, судя по нормальной работе ПР Adafruit, это не критично.

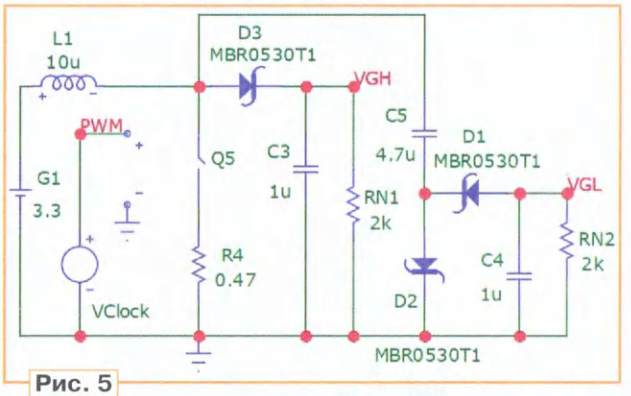


Рис. 5

ЛИТЕРАТУРА

1. Мощность SMD резистора. Как узнать? — URL: **https://go-radio.ru/moshchnost-smd-rezistorov.html** (10.03.25).

2. Breadboards for Beginners. — URL: **https://learn.adafruit.com/breadboards-for-beginners/whats-up-with-the-name** (10.03.25).

3. Adafruit_GC9A01A. — URL: **https://github.com/adafruit/Adafruit_GC9A01A/** (10.03.25).

4. What is STEMMA? — URL: **https://learn.adafruit.com/introducing-adafruit-stemma-qt/** (10.03.25).

5. An Engineer's Guide to Current Sensing. — URL: **https://www.ti.com/lit/eb/slyy154b/slyy154b.pdf** (10.03.25).

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225,
БИК 044525225, КПП 770201001

Цена одного номера журнала 2025 г. (с 1-го по 12-й номер) при покупке в редакции — 520 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3840 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 6000 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 4080 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	150 руб.	250 руб.	800 руб.
2022	1—9, 11—12	200 руб.	300 руб.	800 руб.
2023	3—4, 7—12	420 руб.	520 руб.	800 руб.
2024	1—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—12	520 руб.	640 руб.	1000 руб.

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Подписные индексы журнала по каталогам: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на ПОЧТЕ РОССИИ

Подписка через КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ

Журнал "Радио" в интернет-магазине OZON

Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые ОС

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

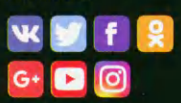
Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круголосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social



Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97